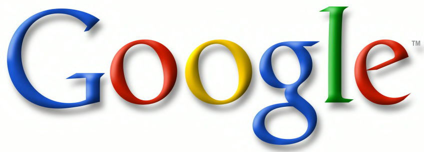
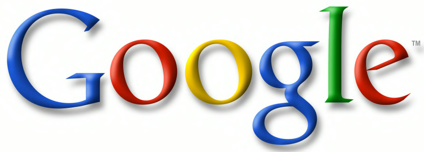



Google


HARVARDIANAE
SIGILLVM ACADEMIAE
IN NOV ANG
VE RI TAS
CHRISTO ET ECCLESIAE

ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Conseiller d'État, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

TROISIÈME SÉRIE.

TOME XVI.

A PARIS,

CHEZ CARILIAN-GOEURY ET Vᵉ DALMONT,

LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, nos 39 et 41.

1839.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Directeur général. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'École des mines, du chef de la division des mines, d'un ingénieur secrétaire, et d'un ingénieur secrétaire-adjoint.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés *sous le couvert* de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, à *M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois.—Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de *la* souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,

IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,

RUE RACINE, 4, PRÈS DE L'ODÉON.

MÉMOIRE

Sur la fabrication de la fonte et du fer en Toscane.

Par M. N. GARELLA, Ingénieur des mines.

Les usines à fer de Toscane sont alimentées exclusivement par le minerai que fournissent les mines de Rio (île d'Elbe) : on les distingue en usines à hauts-fourneaux pour la fusion du minerai et la fabrication de la fonte, et en forges où l'on convertit la fonte en fer forgé. Les premières, au nombre de quatre, ont dû, pour se rapprocher du minerai, être élevées non loin du rivage de la mer et aussi voisines de l'île d'Elbe qu'ont pu le permettre les autres conditions indispensables de leur établissement, l'existence de forêts et de cours d'eau. Ces usines sont constamment accompagnées de quelques feux d'affinerie où l'on travaille une fort minime partie de la fonte qu'elles produisent : elles sont toutes situées au sud de Livourne. La première que l'on rencontre en partant de cette ville, et en parcourant la route qui suit le littoral, est l'usine de *Cecina*, située sur la rivière de ce nom, qui se jette à la mer entre Livourne et Piombino, à égale distance de ces deux villes, et à 4.000 mètres environ de son embouchure; vient ensuite l'usine de *Follonica*, élevée sur le bord même de la mer, au fond du golfe qui se trouve vis-à-vis l'île d'Elbe, et qui est compris entre la montagne de Piombino et l'île de Troja. La troisième usine, celle de *Val-* Nombre et situation des usines.

piana, est située à 15.000 mètres de Follonica, sur la route de Massa; enfin, la quatrième, celle de *la Pescia*, est située sur la frontière des Etats-Romains, entre Orbetello et Montalto, à environ 6.000 mètres de la mer; mais, par le moyen d'un canal navigable, le minerai peut être amené à une distance bien moindre.

Quant aux forges pour l'affinage de la fonte, sauf celles qui accompagnent les hauts-fourneaux, et trois forges à deux feux qui se trouvent à Valpiana, elles sont toutes situées dans les montagnes qui se trouvent entre Pistoia et Pescia, dans le voisinage du duché de Lucques; les plus importantes de ces forges sont celles de Mammiano et de Sestaione, sur la Lima, petite rivière qui passe ensuite aux bains de Lucques.

Parmi toutes ces usines, les seules que j'aie visitées sont celles de Cecina, Follonica et Valpiana, appartenant au grand-duc de Toscane; la saison était trop avancée pour me permettre de me rendre jusqu'aux hauts-fourneaux de la Pescia, situés dans une contrée marécageuse et fort malsaine. Cette course aurait d'ailleurs été sans intérêt, après le séjour un peu long que j'avais fait à Follonica, usine qui, par son heureuse situation, par sa consistance, par la nature et la quantité de ses produits, est sans contredit la plus importante de toutes les usines à fer de Toscane.

Avant d'aller plus loin, je crois remplir un devoir en rendant hommage à l'accueil bienveillant qu'ont bien voulu me faire MM. Sivieri, directeur des mines et fonderies royales de Toscane, et Brasseur, sous-directeur de l'usine de Follonica, et à la complaisance avec laquelle ces messieurs m'ont fourni tous les renseignements dont

je pouvais avoir besoin pour m'éclairer sur la marche des fourneaux.

Le travail du fer dans les usines de Toscane, de même que dans toutes celles où l'on traite le minerai par la fusion dans les hauts-fourneaux, est divisé en deux parties, dont la première a pour but la fabrication de la fonte de fer, et la seconde l'affinage de la fonte et sa conversion en fer forgé. Chacune de ces divisions fera l'objet d'un chapitre séparé de cette notice (1).

CHAPITRE PREMIER.

FABRICATION DE LA FONTE.

La fabrication de la fonte, bien que bornée à un petit nombre d'usines, a pris depuis quelques années, en Toscane, un certain développement, à cause de la grande quantité de fonte qu'on est parvenu, au moyen d'améliorations successives, à produire avec des fourneaux de hauteur moyenne

(1) Pour conserver le plus souvent des nombres ronds dans la désignation des divers poids et mesures, toutes les indications ont été données en mesures locales telles qu'elles ont été fournies sur l'usine même. La conversion en mesures métriques se fera au moyen des données suivantes :

1° *Mesures de longueur :*

1 bras = 20 sous = $0^{m},583$.
1 sou = 12 deniers = $0^{m},0291$.
1 denier = $0^{m},00242$.

2° *Poids :*

1 quintal = 100 livres ; 1 livre = $0^{kil.},345$.

3° *Monnaies :*

1 paul = 40 quattrins = 8 graces = $0^{fr.},561$.
1 lire = 60 quatt. = 20 sous = 1 paul 1 2 = $0^{fr.}841$.

variable entre 7m,80 et 8m,30 : cette production s'est élevée quelquefois au-dessus de 16.000 kilogrammes par 24 heures, plus que n'en ont jamais produit les plus grands fourneaux d'Angleterre. Aussi la Toscane est-elle loin de pouvoir suffire à la consommation de toute la fonte qu'elle produit, et une assez forte proportion est-elle exportée, soit pour être employée à la fabrication d'objets moulés, soit pour servir à la fabrication du fer dans des usines situées non loin du littoral des divers Etats italiens, depuis les Etats sardes jusqu'au royaume de Naples.

Les hauts-fourneaux sont, ainsi que j'ai déjà eu occasion de le dire, alimentés exclusivement par le minerai que fournit la mine de fer de Rio (île d'Elbe). Quelques détails sur l'exploitation de cette mine que j'ai eu occasion de visiter avant de quitter la Toscane, ne paraîtront pas ici déplacés.

Mine de fer de Rio.

Le gisement qui est l'objet de ces exploitations est une masse puissante de fer oxydé à divers états, mais le plus souvent à celui de fer oligiste, qui, avec une largeur variable s'élevant quelquefois à plus de 10 mètres, et sur une hauteur verticale encore inconnue, s'étend dans la direction sud-nord, partant de la marine de Rio, sur la côte de l'île d'Elbe qui fait face à l'Italie, et s'enfonçant dans les flancs de la montagne dite mont Giove, sur une longueur considérable; car les ateliers d'exploitation actuels sont situés à une distance de 1.200 à 1.500 mètres de la marine, et il est facile de suivre sur le sol, à plusieurs centaines de mètres au nord du front des ateliers, les traces de la masse de minerai. Cette masse se trouve enclavée au milieu de roches de schiste talqueux

et de grès quartzeux quelquefois très-compactes, qui constituent le sol de cette portion de l'île d'Elbe. Le schiste talqueux est la roche dominante; il devient souvent argileux, et affecte une couleur blanche qui lui a fait donner par les ouvriers le nom de *bianchetta*. Cette roche étend quelquefois, au milieu de la masse métallifère, des ramifications qui paraissent la diviser en plusieurs couches ou filons; mais les divers travaux d'exploitation exécutés jusqu'à ce jour ont bien fait reconnaître que cette division n'était qu'apparente, et que toutes les parties métallifères appartenaient à la même masse.

Les ateliers actuels d'exploitation sont situés à 1.200 ou 1.500 mètres de la marine, en ligne droite. On y arrive par un chemin dont la pente est assez forte, et qui, sur une longueur d'environ 2 kilomètres, est presque entièrement établi au milieu des déblais provenant des anciens travaux, déblais fort riches en minerai, et qui pourraient certainement être exploités eux-mêmes avec avantage, si le gisement n'était aussi riche qu'il l'est.

L'exploitation de cette grande masse se fait à ciel ouvert, en pratiquant dans le minerai des gradins droits de 3 à 5 mètres de hauteur, et d'une largeur variable avec celle de la masse métallifère. Le mode d'abattage dépend de la consistance et de la dureté du minerai; il consiste dans l'emploi de la poudre, des pics, des coins, des masses, etc. Le gisement est loin d'être homogène sur toute son étendue : outre le fer oligiste compacte et micacé, on y rencontre des fers oxydés bruns et rouges, et des argiles ocreuses, mais en petite quantité. Le fer oligiste compacte, appelé *ferrato*, et le fer oxydé brun, dit *mineral cecco*, sont ceux

qui sont les plus durs à entamer. Il suffira, pour faire comprendre les détails de ce système d'exploitation, de décrire le genre de travail de chaque espèce particulière d'ouvriers employés sur la mine; ces ouvriers sont divisés en cinq classes, savoir :

1° Les mineurs (*minatori*) sont employés à percer des trous de mine, soit pour détacher des fragments de roches, soit pour fendre ceux trop gros déjà détachés de la masse. Le percement des trous de mine exige trois hommes dont l'un tient le fleuret qui a ordinairement $0^m,055$ de diamètre, tandis que les deux autres frappent alternativement sur la tête du fleuret avec des masses du poids de 50 livres ($17^k,25$). Des masses d'un poids aussi considérable exigent, pour leur manœuvre, que les ouvriers soient dans une position commode; aussi est-on obligé, dans la plupart des cas, de construire un échafaudage provisoire autour du trou de mine. L'établissement de cet échafaudage, quoique fait grossièrement et avec rapidité, doit augmenter nécessairement la main-d'œuvre, et peut-être y aurait-il lieu d'examiner s'il ne serait pas plus avantageux de percer des trous plus petits, en n'employant qu'un, ou, au plus, deux ouvriers, comme cela se pratique dans les exploitations à ciel ouvert en France, même quand on a pour but de se procurer de gros blocs, ce qui n'est pas le cas des mines de Rio. La profondeur des trous varie de $0^m,50$ à $0^m,70$, et la charge, de 15 à 18 onces de poudre ($0^k,323$ à $0^k,388$). On bourre avec de la terre, en employant un bourroir de bois, et en ayant soin de placer d'abord la mèche dans le trou.

2° Les piqueurs (*picconieri*) détachent de la

carrière, à l'aide de pics et de leviers, le minerai qui n'exige pas l'emploi de la poudre; ils divisent, à l'aide de coins et de masses, les gros blocs produits par l'explosion des mines.

3° Les casseurs (*rompitori*) sont chargés de casser, avec des masses et des marteaux, les blocs produits par les deux classes précédentes, et de les réduire à des dimensions qui les rendent susceptibles d'être chargés et transportés sur des mulets.

4° Les terrassiers (*zappatori*) sont employés au déblaiement des terres, et doivent ainsi mettre à découvert la masse de minerai, en ayant soin de recueillir en même temps les fragments de minerai qu'ils rencontrent dans leur travail. Quelques-uns d'entre eux sont chargés de faire le triage du minerai provenant de l'exploitation, et d'en séparer les portions trop pauvres ou impures, surtout la pyrite de fer (*marcassita*) qui, en quelques points de la masse minérale, se trouve en assez grande abondance.

5° Les charretiers (*carettaj*) doivent transporter en dehors des ateliers d'exploitation tout le rebut du minerai (*cattivanza*) à l'extrémité d'une espèce de jetée formée par les déblais. Ce transport se fait au moyen de petites charrettes à deux roues que deux hommes poussent devant eux, en tenant chacun un bras du brancard. Au pied de la jetée formée par les déblais, trois ou quatre anciens ouvriers sont chargés de recueillir les morceaux de bon minerai qui auraient pu échapper au triage.

Ces diverses classes d'ouvriers sont réunies entre elles de manière à former des ateliers surveillés chacun par un chef de poste (*capo di posto*), sous la surveillance générale d'un conducteur (*caporale*).

Le nombre des ouvriers employés à l'époque où j'ai visité la mine, 31 mai 1838, était de 187, savoir :

1° Capi di posto, chefs de poste.	6
2° Picconieri.	8
3° Rompitori.	8
4° Minatori.	19
5° Zappatori.	45
6° Carettaj.	101
Total. . . .	187

Mais depuis quelques années, la quantité de minerai vendu ayant été inférieure à celle du minerai produit par l'exploitation, ce nombre doit être réduit incessamment à 150, jusqu'à ce que l'excédant de minerai accumulé à la marine ait été vendu.

Le minerai extrait est transporté de la mine à la marine aux frais de l'administration ; ce transport s'effectue à dos par des ânes conduits le plus souvent par des enfants appelés *sommaraj*, qui en conduisent au moins deux chacun : chaque âne porte environ 400 livres (138 kilogr.). Les sommaraj reçoivent 25 pauls (14 fr.) pour chaque *cento* de minerai transporté. Le cento est une mesure pesant 33.333 liv. $\frac{1}{3}$, ou 11.388^k,88. Tous les autres ouvriers employés sur la mine sont payés à la journée.

Les diverses variétés de minerai fourni par la mine de Rio sont les suivantes, savoir :

1° Fer oligiste compacte, quelquefois lenticulaire, dit *ferrato*.

2° Fer oligiste micacé, à petites écailles, *lucciola*.

3° Fer oligiste micacé, à grandes écailles, *lucciolone*.

4° Minerai de fer oxydé brun, compacte, *minéral cecco*.

5° Fer oxydé rouge, avec argile rouge, sanguine, *sanguinaccio*.

De ces diverses variétés, la première est la plus riche; la dernière est celle qui l'est le moins. Les variétés compactes sont celles qui sont les plus favorables pour le traitement dans les hauts-fourneaux; les variétés micacées, surtout celle à petites facettes (*lucciola*), qui se réduisent facilement en poussière, sont préférées pour le traitement direct dans les petites forges.

A ces diverses variétés il faut en ajouter deux autres, dont l'une est désignée sous le nom de *ferrino*: ce sont des fragments de minerai emportés par les pluies dans les ravins et jusqu'à la mer, qui les rejette ensuite sur le rivage, où on les fait recueillir à certaines époques. La seconde, dite *puletta*, est du minerai en poussière provenant principalement de la variété *lucciola*, et qui forme le sable de la plage de Rio. Ces deux dernières qualités de minerai sont vendues à part : la première, au prix de 50 lires (42 fr.) le cento; et la seconde, au prix de 11 lires 13 sous ½ (9f,79); celle-ci est exclusivement destinée aux petits foyers, et vendue principalement pour les États napolitains.

Quant aux autres qualités que j'ai désignées plus haut comme provenant directement de l'exploitation, on les mélange entre elles de manière à former un tout d'une richesse à peu près uniforme, qui va de 60 à 65 pour o/o : on les range ensuite sur la plage en tas que l'on vend, indistinctement et sans choix, au prix de 225 lires le

cento (16^{f},59 la tonne) pour les nationaux, et 350 lires (25^{f},81 la tonne) pour les étrangers.

Les usines où ce minerai est transporté pour être traité soit dans les hauts-fourneaux, soit dans les petits foyers, sont situées en Toscane, en Piémont, aux environs de Gênes, dans les Etats-Romains, dans le royaume de Naples, et enfin en Corse.

Le tableau suivant fera connaître les quantités de minerai exportées de l'île d'Elbe depuis 1830, et la consommation des divers Etats cités plus haut.

DESTINATION.		QUANTITÉ DE MINERAI VENDU EN						
		1831.	1832.	1833.	1834.	1835.	1836 8 mois.	1836-37.
		centi.	centi.	centi.	centi.	centi.	centi.	centi.
Toscane.	Follonica	195	406 1/2	331	453	478 1/4	344	852 1/4
	Cecina	»	»	»	118	253 1/4	314 3/4	294 1/4
	La Pescia.	163 1/2	202 1/4	213	227 1/2	201 1/4	153	248
Gênes.		317 5/8	321 3/4	365 1/2	421 1/4	296 1/2	422	487 1/4
États-Romains		181 1/4	258	140 1/2	319 1/4	89 1/4	124 1/4	241
Royaume de Naples		133 3/4	150 1/4	101 1/4	155	149 1/2	150 1/2	154 1/4
Corse		23 1/2	26 1/2	33 1/4	27 1/4	21 1/4	36 1/4	27 1/4
		1014 5/8	1366 1/4	1185	1721 1/4	1491 1/4	1544 1/4	2305 1/4
A quoi il faut ajouter les quantités suivantes de *puletta*. .		»	34 1/2	107	27 1/4	55 1/4	41	6
Total : centi		1014 5/8	1400 1/4	1292	1749	1546 1/2	1585 1/4	2311 1/4
Valeur en tonnes . . .		11.555,44	15 952,97	14.714.43	19.919,15	17.651,90	18.059,92	26 328,24

Combustible. Le combustible employé dans les usines de Toscane, pour la fusion des minerais de fer, est un charbon de qualité assez variable, les forêts qui fournissent le bois employé à sa fabrication contenant plusieurs essences de bois différentes dont les principales sont diverses variétés de chêne vert et blanc, surtout celles appelées *leccio* et *cerro*, et des arbustes tels que le myrte et l'arbousier. On emploie aussi du charbon de châtaignier ; mais celui-ci est exclusivement réservé aux feux d'affinerie, tandis qu'au contraire les charbons de chêne sont rejetés pour cet usage, et préférés pour les hauts-fourneaux.

La carbonisation s'opère en petites meules donnant de 15 à 18 charges de charbon : la charge a un volume de 3 bras cubes ($0^{m.m.m.}$,594), et pèse de 400 à 450 livres (140 à 155 kilogr., moyennement 147 kilogr.) suivant la nature du bois qui a été carbonisé (environ 250 kilogr. par mètre cube). A Follonica, le charbon revient moyennement à 6 lires $\frac{1}{2}$ (5^{f},46) la charge, ou 3^{f},74 les 100 kil.

Fondant. Le fondant que l'on emploie varie suivant la position des fourneaux. Dans les usines de Follonica et de Valpiana, où l'on peut disposer d'un tuf calcaire tendre, léger et friable, on l'emploie en nature. Dans les autres usines où l'on n'a pas cette ressource, où les roches calcaires sont plus dures et plus compactes, on ne les met dans le fourneau qu'à l'état de chaux. Cette cuisson préalable est rendue nécessaire par la petite proportion de fondant que l'on emploie (environ 6 p. $\frac{0}{0}$, du minerai), pour en faciliter la division au milieu de la charge.

Grillage du minerai. Avant d'être jeté dans le haut-fourneau, le minerai est soumis à un grillage préparatoire dont

le but est de faciliter le cassage, et de chasser en même temps la petite quantité de soufre qu'il peut contenir, quantité qui est toujours faible, car les pyrites se trouvant ordinairement réunies en certains points de la masse métallifère, peuvent être séparées presque entièrement par le triage qui a lieu sur la mine.

Ce grillage s'exécute dans des fours ayant la forme d'un tronc de cône renversé, de dimensions variables; les plus convenables sont les suivantes : diamètre inférieur 2 bras $\frac{1}{2}$ ($1^m,46$), diamètre supérieur 5 bras ($2^m,92$), hauteur 4 bras $\frac{1}{2}$ ($2^m,62$). Ces fours sont construits en briques ordinaires, et sont munis, à leur partie inférieure, d'une porte par laquelle on retire le minerai grillé. Le chargement des fours s'exécute de la manière suivante : on commence par former autour de la porte une espèce de voûte avec de gros morceaux de minerai afin de ménager un passage au courant d'air, puis on jette par-dessus et par couches alternatives le minerai, soit gros, soit menu, et le charbon que l'on a soin d'allumer au fur et à mesure du chargement. On forme ainsi un tas de minerai que l'on élève jusqu'à $2^m,50$ de hauteur au dessus de la gueule du four, en le maintenant au moyen d'une enceinte circulaire faite avec du minerai en gros morceaux, et qui forme, en quelque sorte, le prolongement des parois du four. Le chargement d'un four ayant les dimensions citées plus haut, se compose d'environ 300 milliers (1035 quint. mét.). Le service d'un haut-fourneau en exige trois de cette grandeur, ou au moins deux qui puissent contenir 400 milliers.

Le grillage dure ordinairement de 6 à 7 jours : il apporte peu de changement dans le minerai.

Certains morceaux paraissent n'avoir subi aucune altération, tandis que quelques-uns, au contraire, sont trop grillés, et ont éprouvé un commencement de réduction en donnant naissance à quelques scories. Ce résultat doit être évité; car le minerai qui est jeté dans le haut-fourneau en cet état, produit des laitiers plus riches en fer et en plus grande quantité; comme l'on n'a aucun moyen de régler l'opération après que le chargement a été effectué, on ne peut éviter ce résultat que par le soin que l'on doit apporter dans le chargement à la répartition uniforme du charbon dans toute la masse. On n'emploie, pour le grillage, que le charbon menu, ou celui provenant du lavage des laitiers du haut-fourneau; aussi ne peut-on savoir exactement la quantité que cette opération consomme; elle est cependant évaluée, car on compte comme charbon consommé pour la fabrication de la fonte, tout celui qui est livré aux hauts-fourneaux et aux fours de grillage qui les accompagnent.

Quand le grillage est terminé, on retire le minerai grillé par la porte inférieure du four, et là il est cassé au marteau en fragments de 7 à 8 centimètres de diamètre, puis passé sur un crible dont les barreaux sont éloignés de 8 à 10 millimètres. La poussière ou menu qui passe au travers est ensuite lavée dans un courant d'eau qui en sépare les portions trop ténues et que le courant d'air emporterait, si on les jetait dans le haut-fourneau. Le minerai lavé est porté humide au gueulard du fourneau; il forme le tiers ou le quart du poids des charges.

Dix ouvriers suffisent pour desservir deux fours de grillage accolés : huit sont occupés à charger le

minerai qui se grille pendant qu'ils cassent celui tout grillé qu'ils retirent du second four. Les deux autres ouvriers sont employés, l'un au criblage, l'autre au lavage, et portent le minerai au gueulard du fourneau.

Les hauts-fourneaux de Toscane présentent quelques variations dans leur forme ; leur section horizontale est un cercle, sauf pour celui de Valpiana qui est carré, mais qui doit être bientôt reconstruit sur le modèle des autres. Le creuset, qui a en général des dimensions assez fortes, eu égard aux autres dimensions du fourneau, a pour base un rectangle terminé postérieurement par un demi-cercle : dans certains fourneaux, celui de Cecina et le fourneau neuf de Follonica, dit San Leopoldo, il est allongé dans le sens de la rustine à la face de travail ; dans le vieux fourneau de Follonica, il est, au contraire, plus large que long. Le gueulard a des dimensions peu différentes de celles du creuset ; au fourneau de Cecina, il a pour diamètre le petit diamètre du creuset ; au vieux fourneau de Follonica, son diamètre est une moyenne entre la longueur et la largeur du creuset ; dans le fourneau San Leopoldo, il est plus grand d'une manière sensible. Quant au ventre, son diamètre est à peu près 2 fois et $\frac{2}{3}$ celui du gueulard : dans le fourneau de Cecina, il est situé au milieu de la hauteur ; au vieux fourneau de Follonica, il est plus bas d'environ $\frac{1}{40}$ de la hauteur ; enfin au fourneau San Leopoldo, on l'a encore plus descendu, car il est plus bas de $\frac{1}{12}$ de la hauteur. Ce dernier fourneau, le plus moderne, car il n'est construit que depuis deux ans, est le seul qui ait un ouvrage : cet ouvrage, dont les parois sont presque verticales, occupe le tiers de la

Hauts-fourneaux.

hauteur de l'espace compris entre la partie supérieure du creuset et le ventre. Ces diverses variations de forme intérieure ne paraissent d'ailleurs avoir été adoptées que dans le but d'obtenir de la fonte grise.

Les hauteurs totales de ces fourneaux sont :

1° Haut-fourneau de Cecina . .	12 bras, 8 sous	7^{m},229
2° Haut-fourneau vieux de Follonica.	14 bras, 2 sous	8^{m},219
3° Haut-fourneau San Leopoldo.	13 bras, 5 sous	7^{m},725

Voici, au reste, un tableau de leurs principales dimensions :

	Fourneau de Cecina.		Fourneau vieux de Follonica.		Fourneau San Leopoldo.	
	Bras. sous.	Mètres.	Bras. sous.	Mètres.	Bras. sous.	Mètres.
Creuset. Longueur de la rustine à la face de travail. .	1,5	0,728	1,4	0,698	1,4	0,698
Creuset. Largeur.	1,2	0,641	1,8	0,815	1,2	0,641
Diamètre à la partie supérieure de l'ouvrage.	»	»	»	[illegible]	1,12	0,874
Diamètre au ventre.	3,2	1,807	3,15	2,166	3,12	2,100
Diamètre au gueulard.	1,2	0,641	1,6	0,758	1,6	0,758
Hauteur du creuset.	» 15	0,436	» 18	0,524	» 17½	0,509
Hauteur de l'ouvrage.	»	»	»	»	1,12½	0,947
Hauteur du ventre au-dessus de la pierre de fond. . . .	6,4	3,615	6,14	3,905	6,2	3,556
Hauteur totale du fourneau.	12,8	7,229	14,2	8,219	14,2	7,725

Le haut-fourneau de la Pescia vient d'être reconstruit, il y a un an, sur les dimensions suivantes : Hauteur 12 bras (7^m,00), diamètre du gueulard 22 sous (0^m,641), diamètre au ventre 3 bras (1^m,749). Le creuset plus large que long a 18 sous (0^m,524) sur 26 (0^m,758); le ventre est au milieu de la hauteur. Quant à celui de Valpiana, c'est un fourneau fort ancien, construit d'après une méthode défectueuse : il est carré, sa face antérieure est verticale : le gueulard a 1 bras (0^m,583) de côté, et le ventre 3 bras (1^m,749); sa hauteur totale est de 14 bras (8^m,162).

Le massifs des fourneaux sont ordinairement construits en briques : la partie intérieure, le creuset et la chemise sont construits en pierres de stéaschiste venant des environs de Seravezza près Pietra-Santa (Toscane). Il existe également une carrière de ces mêmes pierres au sud et non loin de là, à Camajore (duché de Lucques). Tous les hauts-fourneaux étant situés dans des régions marécageuses et malsaines qu'il faut complétement déserter l'été, chaque campagne dure au plus 7 à 8 mois : les changements de température que subit nécessairement le fourneau, le dégradent rapidement ; aussi est-on obligé de refaire le creuset tous les ans : la chemise ne dure que 4 à 5 ans.

Machines soufflantes.

Les machines soufflantes présentent entre elles de grandes différences; elles ont été perfectionnées peu à peu, à mesure que la fabrication de la fonte a pris plus d'extension. A Valpiana et à la Pescia, le vent est fourni par des trompes; à Cecina, le fourneau est soufflé, partie par des trompes, partie par une machine hydraulique composée de chambres qui se remplissent alternativement d'air et d'eau. A Follonica, la ma-

chine soufflante du vieux fourneau est une machine à pistons carrés se mouvant dans des caisses en marbre : celle du fourneau San Leopoldo est une machine à cylindres en fonte.

1° *Fourneau San Leopoldo*. La machine soufflante de ce fourneau se compose de deux cylindres en fonte, munis de soupapes à chacune de leurs bases, et dans lesquels se meut un piston plein. Elle est donc à double effet. Le diamètre intérieur des cylindres est de 2 pieds $\frac{1}{2}$ ($0^m,814$) et la course des pistons de 3 pieds 7 pouces ($1^m,165$). Chaque piston donne 18 coups (montée et descente) en moyenne par minute. L'espace parcouru par le piston dans une montée ou une descente est, d'après cela, de $0^m,608$, et le volume total d'air aspiré dans une minute, de $43^{m.m.m},776$ à une température de 15°, ou $41^{m.m.m},454$ à zéro, ce qui correspond à 1.277 pieds cubes (la machine est construite de manière à en fournir 1.400); mais ce volume est, comme on le sait, loin de représenter le volume d'air lancé dans le fourneau, soit parce que l'air aspiré par les soupapes se dilate en entrant dans les cylindres, soit parce qu'il reste toujours dans les cylindres une certaine portion d'air contenu dans l'espace nuisible, soit enfin à cause des résistances que l'air éprouve dans les tuyaux. Follonica.

L'air soufflé par la machine du San Leopoldo est lancé dans le fourneau par deux tuyères placées latéralement : celle de droite qui se trouve à une petite distance en arrière du centre du creuset est dirigée perpendiculairement à l'axe du creuset ; celle de gauche, placée vis-à-vis le centre, a une légère déclinaison vers la face de travail : toutes les deux ont du reste dans le sens

vertical une inclinaison de 15° vers le fond du creuset. Les buses placées dans ces tuyères et qui terminent le porte-vent, ont la forme d'un rectangle terminé supérieurement par un demi-cercle; leur largeur est de 22 deniers ($0^m,0532$) et leur hauteur de 21 ($0^m,0508$), ce qui porte leur orifice à $23^{c.c.},98$, et pour les deux buses ensemble à $47^{c.c.},96$. Les tuyères sont en cuivre fondu, creuses et à courant d'eau intérieur : leur section transversale est la même que celle de l'orifice de la buse, mais leur orifice est plus grand de 2 sous en hauteur et en largeur. La pression de l'air au sortir de la buse est évaluée à environ 1 livre $\frac{1}{2}$ de Toscane (0^k, 518) par pouce carré, ce qui représente une colonne de mercure de $0^m,052$ de hauteur : en calculant la vitesse due à cette pression au moyen de la formule $V = \sqrt{2gx\frac{\Delta h}{h+x}}$ dans laquelle $h = 0^m,76$ et $\Delta = 10467\,\frac{1+0,00375\,t}{1+0,00185\,t}$, t étant égal à 15°, on trouve que la vitesse d'écoulement est de $102^m,586$ par seconde, ce qui donne pour le volume de l'air lancé par minute, rapporté à zéro, $Q = 60 \times 0,004796 \times \frac{V}{1+0,00375 \times 15} = 28^{m.m.m}$. La différence que ce résultat présente avec le volume de l'espace parcouru par les pistons dans le même temps ($41^{m.m.m},454$), différence qui est énorme eu égard à la bonne construction de la machine, donne à penser que la pression de l'air lancé par les buses a été mal évaluée; en effet, les buses n'étant pas munies de manomètres, cette évaluation n'a pu être faite qu'avec des instruments fort imparfaits. Si l'on réfléchit, d'un autre

côté, que l'on ne brûle dans le haut-fourneau que des charbons de bois très-durs, on sera amené à conclure que la pression du vent doit être plus forte que 0m,052. En supposant que la pression est la même que dans l'autre fourneau où on l'évalue à 0m,069, le volume d'air lancé par minute, rapporté à zéro sera de 31m.m.m,500, ce qui réduit à $\frac{1}{4}$ la différence entre le volume d'air soufflé par les buses, et l'espace parcouru par les pistons.

Le fourneau San Leopoldo est actuellement soufflé au vent chaud; la machine n'a fourni de l'air froid que dans les premiers mois de la marche du fourneau. L'appareil destiné à l'échauffement de l'air est placé au-dessus du gueulard; il se compose de deux parties semblables, mais distinctes, qui fournissent le vent séparément à chaque tuyère : les tuyaux dans lesquels l'air circule sont placés dans une espèce de cheminée ayant intérieurement 1m,80 de côté, et dont la hauteur est de 3m,80. Cette cheminée est située à côté du gueulard, et la flamme y arrive en suivant un rampant formé par une plaque de tôle inclinée qui aboutit à peu près au milieu du gueulard. L'air froid arrive d'un côté du fourneau, par un tuyau de 10 sous $\frac{1}{2}$ (0m,306) de diamètre : il traverse la cheminée où il doit s'échauffer, dans trois tuyaux ayant 3 sous $\frac{1}{2}$ (0m,102) de diamètre, et redescend, après s'être échauffé, de l'autre côté du fourneau, dans un tuyau de même dimension que celui d'amenée. La section de ce dernier est de 0m.m,073476; celle des tuyaux soumis à l'action de la flamme est de 0m.m.,008164 : les trois tuyaux réunis ne présentent donc qu'une section totale de 0m.m.,024492, tandis qu'elle devrait être au moins égale à celle des tuyaux d'amenée. Il y a ici

un double inconvénient provenant, 1° de l'augmentation de vitesse que doit prendre le vent pour passer dans une section moindre, ce qui dépense inutilement une portion de la force de la machine soufflante; 2° de ce que les surfaces exposées à la flamme n'étant pas assez grandes, l'échauffement n'est pas aussi grand qu'il devrait l'être : aussi je ne pense pas qu'on puisse évaluer à plus de 160° la température de l'air lancé dans le fourneau, cet air étant d'ailleurs obligé de parcourir, avant d'arriver à la tuyère, une assez grande longueur de tuyaux dans lesquels il doit nécessairement éprouver un refroidissement. On se propose dans la campagne prochaine de remédier en partie à ces inconvénients, en augmentant le nombre des tuyaux qui traversent la flamme : en même temps on adaptera à la buse un appareil pour mesurer la température. Dans l'état actuel, en admettant que cette température soit de 160°, l'orifice des buses et la pression du vent n'ayant pas changé, le volume se trouve réduit, en le ramenant à ce qu'il serait à zéro, dans la proportion suivante $\sqrt{\frac{1+0,00375\times15}{1+0,00375\times160}} = 0,831$; il n'est plus alors que de $26^{m.m.m},177$. Remarquons que c'est la quantité réelle de vent lancé dans le fourneau, quantité qui diffère d'un quart et quelquefois d'un tiers de celle calculée d'après les dimensions de la machine.

Follonica. 2° *Fourneau vieux.*—La machine qui fournit l'air à ce fourneau est composée de 4 caisses carrées en marbre, ouvertes à leur partie supérieure, ayant 2 bras ($1^{m},166$) de côté, dans lesquelles se meuvent alternativement des pistons munis de

soupapes s'ouvrant de dehors en dedans : leur course est de 1 bras $\frac{3}{4}$ (1^{m},02). Le nombre de coups de pistons, quand la machine fournit du vent froid, est en moyenne de 13 levées $\frac{1}{2}$ par minute. Le volume d'air fourni par une course de piston est donc de 1$^{m.m.m}$,385, ce qui fait par minute et pour les 4 caisses, 74$^{m.m.m}$,800 à une température supposée de 15°, et 70$^{m.m.m}$,870 en ramenant ce volume à zéro : cela correspond à 2183 pieds cubes à 15°, ou à 2067 à zéro. Cet air est lancé dans le fourneau par une seule buse ayant une forme analogue à celle des buses de San Leopoldo (c'est d'ailleurs la forme généralement adoptée dans les usines de Toscane), mais plus grande : ses dimensions sont de 32 deniers(0^{m},0774)pour la hauteur et pour la largeur, ce qui donne pour la section 53$^{c.c.}$,42 ; la tuyère dans laquelle passe l'air avant de se rendre dans ce fourneau est comme celle de San Leopoldo, en cuivre fondu, creuse et à courant d'eau : elle est également inclinée vers le fond du creuset, et fait un angle de 16° avec l'horizon. La pression du vent lancé par les buses, mesurée avec des moyens aussi imparfaits que pour l'autre fourneau, peut être evaluée à environ 2 livres de Toscane (0^{k},690) par pouce carré, ce qui représente une colonne de mercure de 0^{m},069 de hauteur. En partant de ces données, et en employant les formules citées plus haut, on trouve que la vitesse d'écoulement par seconde est de 115^{m},62, et le volume d'air lancé par minute rapporté à zéro, de 35$^{m.m.m}$,093, ce qui correspond à 1024 pieds cubes. On voit qu'ici la quantité d'air lancé dans le fourneau présente une bien plus grande différence avec l'air aspiré qu'au fourneau San Leo-

poldo, puisque le rapport est à très-peu près de 1 à 2 : c'est un résultat que la construction même de la machine devait faire prévoir.

On a essayé dans la dernière campagne de souffler ce fourneau au vent chaud; l'appareil qui sert à échauffer l'air est construit d'après le même système que celui de Wasseralfingen; il se compose de cinq étages superposés de trois tuyaux chacun, dans lesquels l'air circule en parcourant d'abord tous les tuyaux de l'étage inférieur, puis passant au second, et s'échappant enfin par le dernier tuyau de l'étage supérieur. Le diamètre de ces tuyaux est de 0^m,21 : la cheminée dans laquelle ils sont renfermés, est placée directement au-dessus du gueulard du fourneau, et non à côté, comme au fourneau San Leopoldo. Les coudes demi-circulaires, placés en dehors de la cheminée, et exposés actuellement à l'air libre, seront plus tard enveloppés par un double muraillement, dont l'intervalle sera rempli de sable ou de substances peu conductrices. Cet appareil présente sur le premier que j'ai décrit l'inconvénient d'offrir à l'air une plus grande résistance en lui faisant parcourir un plus grand développement : d'un autre côté, l'air y est soumis pendant plus longtemps à l'action de la chaleur, mais, il est vrai, avec une moins grande surface que dans le premier. Les divers avantages de l'un ou de l'autre système ne paraissent pas assez évidents pour qu'on puisse se prononcer avant d'avoir fait des expériences suffisantes.

La température à laquelle le vent était amené par cet appareil n'a pas été mesurée, mais on peut l'évaluer à 230° : il en résulta dans l'origine une telle augmentation de résistance au jeu de la

machine, que les pistons ne donnèrent plus que 10 à 10 coups $\frac{1}{2}$ par minute au lieu de 13 $\frac{1}{2}$: la quantité d'air lancé dans le fourneau fut jugée insuffisante, et, au moyen d'une soupape placée au point où le tuyau qui amène l'air dans l'appareil à échauffer s'embranche sur le porte-vent, l'on a pu souffler partie à l'air chaud, partie à l'air froid, et régler le mélange des deux vents, de manière à ce que la quantité d'air lancée dans le fourneau fût suffisante. Dans l'état actuel les pistons fournissent 12 levées par minute, ce qui réduit le volume d'air aspiré à $66^{m.m.m}$,528, ou, en le ramenant à zéro, à $63^{m.m.m}$,000 : le volume d'air lancé dans le fourneau n'en étant que la moitié, sera donc de $31^{m.m.m}$,500, ce qui supposerait l'échauffement du mélange de l'air chaud et de l'air froid de 87° seulement.

Le haut-fourneau de Cecina est soufflé en partie par deux trompes, ayant une chute de 7 bras (4^{m}, 08), et dont, l'arbre, qui est carré, a intérieurement 7 sous (0^{m},204) de côté, et en partie par une machine soufflante hydraulique d'une construction particulière, dont je vais essayer de donner une idée en peu de mots. Cette machine, appelée en italien *argagno*, se compose principalement de deux chambres en maçonnerie ayant 4 bras $\frac{1}{2}$ (2^{m},623) de largeur, 7 bras (4^{m},10) de longueur, et une hauteur moyenne de 2 bras $\frac{3}{4}$ (1^{m},60). Ces deux chambres sont placées au-dessous d'un bassin dans lequel arrive un courant d'eau : le fond de ce bassin, élevé de 2^{m},75 au-dessus du sol des chambres, est percé de deux ouvertures par lesquelles l'eau s'écoule alternativement dans l'une ou l'autre chambre; à mesure que l'eau s'élève dans ces dernières, elle soulève Cecina.

un flotteur dont la tige traverse la voûte de la chambre, et quand elle a atteint la hauteur de 2 bras $\frac{1}{4}$ à 2 bras $\frac{1}{3}$ ($1^{m},30$), la tige du flotteur, par l'intermédiaire d'un levier coudé, lâche un déclic qui permet à un second flotteur, formé par un ballon de cuivre creux, qui jusque-là avait été forcément maintenu au fond des chambres, de se soulever promptement en entraînant dans son mouvement un balancier qui, donnant le même mouvement angulaire à trois autres balanciers, produit instantanément : 1° la fermeture de la vanne par laquelle l'eau s'écoulait du bassin supérieur dans la chambre, et l'ouverture de celle par laquelle la chambre doit se vider ; 2° l'ouverture de la vanne par laquelle l'eau du bassin se rend dans la seconde chambre, et la fermeture de la vanne par laquelle celle-ci se vidait. Chaque chambre porte à sa partie supérieure deux ouvertures dont l'une, fermée par une soupape qui s'ouvre de dehors en dedans, sert à l'introduction de l'air pendant que la chambre se vide, tandis que l'autre, munie d'une soupape qui s'ouvre de dedans en dehors, laisse échapper l'air pendant que la chambre se remplit d'eau. Il suit de ce qui précède que le volume d'eau consommé par cette machine représente d'une manière assez exacte le volume d'air qu'elle fournit, sauf les pertes provenant des fuites et des frottements dans les tuyaux de conduite.

Le volume de chaque chambre est de $17^{m.m.m},20$; mais l'eau n'atteignant qu'une hauteur de $1^{m},30$ et non $1^{m},60$ qu'a la chambre, n'occupe qu'un volume de $13^{m.m.m},98$: pour avoir le volume réel, il faut de l'un et de l'autre retrancher $0^{m.m.m},455$ qui est le volume occupé par la caisse dans laquelle

est enfermée la vanne de décharge; il ne reste plus alors pour le volume des chambres que $16^{m.m.m},745$, et pour celui de l'eau que $13^{m.m.m},525$. Chaque chambre se remplit une fois et quart par minute; le volume d'eau introduit dans les chambres, et par suite le volume d'air qui en sort, est de $13,525 \times 2,5 = 33^{m.m.m},813$; mais à cause de l'espace nuisible ($3^{m.m.m}20$) qui reste dans les chambres, et à cause des pertes provenant des fuites et frottements, ce volume doit être réduit de $\frac{1}{4}$ au moins: il ne reste plus alors que $25^{m.m.m},360$. Il est plus difficile de déterminer la quantité de vent que fournissent les trompes, que je n'ai pas vues en activité; mais en réfléchissant que la hauteur de la chute n'est que de 4^{m}, on peut admettre qu'elles fournissent chacune de $3^{m.m.m}$ à $3^{m.m.m},50$ par minute, ce qui porterait à $32^{m.m.m}$ environ la quantité totale de vent lancée dans le fourneau, et, en ramenant ce volume à zéro, $30^{m.m.m},30$. Ce vent est lancé par une seule tuyère ayant la même forme que celles de l'usine de Follonica : la hauteur de son orifice est 2 sous 10 deniers, et sa largeur 2 sous 9 deniers; les dimensions de la buse ont deux deniers de moins : elles sont pour la hauteur 2 sous 8 deniers ($0^{m},0775$) et pour la largeur 2 sous 7 deniers ($0^{m},0681$), ce qui porte son orifice à $0^{m.m},004792$. Ici, comme à Follonica, la tuyère est assez fortement inclinée à l'horizon : son inclinaison est de $17° \frac{1}{2}$; quant à la pression du vent lancé par cette tuyère, elle est assez difficile à connaître, car elle n'a jamais été mesurée. La construction de la machine ne donne pas un moyen de la déterminer, car l'eau qui s'écoule du réservoir dans les chambres inférieures se précipite dans les conduits de communication comme dans

l'arbre d'une trompe, en sorte qu'on ne peut supposer que la pression dans les chambres soit représentée par la différence du niveau de l'eau dans le réservoir et dans les chambres, différence qui, étant de $2^{m},60$, correspond à une colonne de mercure de $0^{m},20$, ce qui représente une pression inadmissible. Je pense qu'on ne s'écartera pas beaucoup de la vérité en supposant au vent une pression de 0,05 de mercure, les trompes ne pouvant guère fournir un vent plus dense : dans ce cas, on trouve que la vitesse d'écoulement par seconde, $V=\sqrt{2gx\frac{\Delta h}{h+x}}$, est de $100^{m},86$, et le volume d'air lancé par minute, rapporté à zéro, $Q=60\times 0,004792\frac{v}{1+0,00375\times 15}=27^{m.m.m},461$. La différence que ce résultat présente avec celui trouvé plus haut, $30^{m.m.m},303$, ne paraîtra pas trop considérable si l'on réfléchit que les pertes provenant des résistances des fuites et de la grandeur de l'espace nuisible n'ont été évaluées qu'à $\frac{1}{4}$. En prenant une moyenne entre les deux résultats, je pense qu'on peut admettre que le fourneau reçoit par minute $28^{m.m.m},800$ d'air à zéro (840 pieds cubes).

Valpiana. Le fourneau de Valpiana est soufflé par quatre trompes dont la chute est de 8 bras ($4^{m},684$), et dont les arbres ont $2^{m},28$ de côté. Ce fourneau n'a pas été en activité en 1838; je n'ai pu recueillir aucun document sur les consommations et produits de ces trompes; il est difficile d'admettre pour ces machines qui n'ont pas une grande chute, plus de 4 à 5 mètres cubes par minute, ce qui ferait pour les quatre un maximum de 20 mètres cubes. Dans cette hypothèse, ce fourneau rece-

vrait donc beaucoup moins d'air que les autres.

Le fourneau de la Pescia est actuellement, comme celui de Valpiana, soufflé par quatre trompes ; mais leur chute est de 15 bras $\frac{1}{4}$ (8^m,89), ce qui doit porter leur produit à 8 ou 9 mètres cubes par minute, environ $35^{m.m.m.}$ pour les quatre. Ce système de soufflerie doit être remplacé incessamment par une machine à cylindre, comme celle de Follonica. La Pescia.

Depuis un an, ce fourneau est soufflé au vent chaud : l'appareil employé pour l'échauffement de l'air n'est autre que celui du fourneau San Leopoldo perfectionné : il se compose de huit rangées superposées, composées de deux tuyaux horizontaux réunis à l'une de leurs extrémités par un coude demi-circulaire, et communiquant par l'autre extrémité, l'un au tuyau d'amenée, l'autre au tuyau porte-vent qui se rend dans la tuyère. Cet appareil est placé dans une cheminée au-dessus du gueulard du fourneau : les coudes en dehors de cette cheminée sont compris dans un double muraillement rempli de sable. Le diamètre des grands tuyaux est de 11 sous (0^m,320) et leur section de $0^{m.m}$,0804 : le diamètre des tuyaux horizontaux est de 3 sous 4 deniers $\frac{1}{2}$ (0^m,0982), et leur section de $0^{m.m}$,0076, ce qui porte la somme des huit tuyaux horizontaux à $0^{m.m}$,0608, un peu moins que celle des grands tuyaux. On a établi cette différence afin de rendre plus facile la répartition de l'air dans les huit tuyaux exposés à l'action de la flamme.

La marche des hauts-fourneaux de Toscane est fort régulière, surtout quand les fourneaux sont neufs, mais à mesure qu'ils se dégradent et que les variations de température, provenant de la Marche et allure des fourneaux.

répétition fréquente des mises hors feu, apportent des changements et des altérations dans leur forme intérieure, il en résulte quelquefois des dérangements dans l'allure, dérangements qui se font principalement remarquer par l'irrégularité de descente des charges, et dont le résultat principal est d'augmenter la consommation de charbon et de diminuer la production journalière en fonte.

Mise en feu. La mise en feu se fait d'une manière fort simple : On remplit la cuve de charbon auquel on met le feu par le gueulard ; la combustion se propage peu à peu de haut en bas, et au bout de 20 ou 24 heures le feu arrive aux tuyères. Après trois jours, on commence à donner le vent, et on charge de suite en minerai, mais d'abord en faible proportion : le fourneau ne prend une allure régulière que quatre ou cinq jours après.

Nombre et composition des charges. Le poids et le nombre des charges que l'on passe en 24 heures dans le haut-fourneau, et la proportion des matières qui les composent, varient suivant les dimensions du fourneau et la nature de la fonte qu'on veut produire.

1° Au fourneau neuf de Follonica (San Leopoldo) soufflé au vent chaud, quand on travaille en fonte de moulage, ce qui a presque toujours lieu, la charge se compose de :

3 Mesures de minerai.	350 liv. de Toscane	120 kil.	75 (1)
2 Mesures ½ de charb.	250	86	25
Tuf calcaire	18	6	21

(1) Le minerai seul est pesé : le charbon est mesuré dans des corbeilles que l'on remplit plus ou moins, en sorte que les nombres qui en expriment le poids ne sont pas rigoureusement exacts ; cependant on accorde généralement assez de confiance à l'habitude des ouvriers chargés de

On fait 150 charges par jour, et on obtient moyennant 30,000 livres de fonte (10.350 k), pour une consommation de 18.112k,50 de minerai, et de 12.937k,50 de charbon, ou 57,14 de fonte pour 100 de minerai et 125,00 de charbon pour 100 de fonte.

Quand on travaille en fonte de forge, la composition d'une charge est de :

	liv.	kil.
3 mesures de minerai. .	350	120,75
2 mesures de charbon.	200	69,00
Tuf calcaire.	18	6,21

On passe par jour 165 charges, et on obtient moyennement 33.200 livres de fonte (11.450 kil.) pour une consommation de 19.723k,75 de minerai, et de 11.385k. de charbon, ou 58,05 de fonte pour 100 de minerai, et 99,43 de charbon pour 100 de fonte.

2° Au fourneau vieux de Follonica, marchant à l'air chaud (1838), la charge se compose de :

	liv.	kil.
6 mesures de minerai pesant. .	750	251,85
4 mesures de charbon.	400	138,00
Tuf calcaire.	40	13,80

On passe par jour 85 charges, et on obtient moyennement 38.250 livres de fonte (13.196k,25) pour une consommation de 21.407k,25 de minerai, et 11.730k,00 de charbon, ou 61,63 de fonte pour 100 de minerai, et 88,90 de charbon pour 100 de fonte.

Quand on travaillait avec le vent froid, la charge se composait de :

---

porter le charbon. Le fondant se mesure par pelletées; on en met une par mesure de charbon, environ 6 p. % du minerai.

	liv.	kil.
3 mesures de minerai pesant. .	350	120,75
2 mesures de charbon.	200	69,00
Tuf calcaire.	20	6,90

On passait par jour 200 charges, ce qui donnait un produit moyen de 39.650 livres de fonte (13.479k,25), avec une consommation de minerai de 24.150k,00, et de 13.800k,00 de charbon, ou 55,81 de fonte pour 100 de minerai, et 102,40 de charbon pour 100 de fonte.

3° Enfin, au fourneau de Cecina, soufflé au vent froid, la charge se compose de :

	liv.	kil.
3 mesures de minerai pesant. .	350	120,75
2 mesures de charbon.	200	69,00
Chaux vive.	10	3,45

Avec le vent de la machine et des trompes, on passait, par 24 heures, 138 charges moyennement, et on obtenait 27.500 livres de fonte (9.487k,50), pour une consommation de 16.663k,50 de minerai, et de 9.487k,50 de charbon, ou 56,93 de fonte pour 100 de minerai, et 100 de charbon pour 100 de fonte.

Quand le fourneau n'est soufflé que par le vent de la machine, on ne passe moyennement que 109 charges par jour, et on obtient 21.765 livres de fonte (7.508k,90), pour une consommation de 13.179k,90 de minerai, et de 7.726k,80 de charbon, ou 56,97 de fonte pour 100 de minerai, et 102,90 de charbon pour 100 de fonte.

Conduite du fourneau. La conduite du fourneau ne présente pas de grandes difficultés : les ouvriers du gueulard doivent veiller à remplir le fourneau au fur et à mesure de la descente des charges; ils versent d'abord le minerai, puis le fondant, et jettent ensuite le

charbon par-dessus. La quantité de combustible est ordinairement constante dans chaque charge. On fait varier le poids du minerai suivant l'allure du fourneau : ainsi. l'introduction du vent chaud au vieux fourneau de Follonica a permis de faire porter 30 livres de minerai de plus par double charge, à la même quantité de charbon. Une circonstance particulière de la conduite du travail dans ces fourneaux, est la nécessité de travailler souvent (environ toutes les deux heures) dans le creuset pour le nettoyer et faciliter l'écoulement des laitiers; mais ce travail est facile, car ceux-ci sont généralement fluides et coulants, mais leur petite quantité les empêche de couler d'eux-mêmes. Il est aussi essentiel de maintenir constamment un passage à la flamme au-dessous de la timpe.

Les coulées se succèdent ordinairement de 3 en 3 heures quand on travaille en fonte de forge : on a soin de ne jamais laisser trop remplir le creuset. Le plus souvent, au lieu de couler, on puise la fonte dans l'avant-creuset; dans ce cas-là, après avoir nettoyé le creuset, on ferme le trou de la timpe avec un tampon d'argile, afin de retenir les laitiers dans le fourneau, et de ne laisser arriver dans l'avant-creuset que la fonte pure et propre : ce moment est le seul pendant lequel on arrête le vent. Coulées.

Au haut-fourneau de Cecina, quand on passe 138 charges par jour, on coule après 15 charges, ce qui laisse un intervalle de 2 heures $\frac{1}{2}$ environ entre deux coulées successives; on fait par jour de 9 à 10 coulées. Quand le fourneau n'a plus le vent des trompes, on coule après 12 ou 13 charges, de 8 à 9 fois par 24 heures, à peu près de 3 en 3 heures.

Des dérangements.

Les rares dérangements qui se présentent quelquefois dans ces fourneaux, sont dus à la richesse du minerai ainsi qu'à la dégradation des parois intérieures du fourneau : ces causes réunies donnent quelquefois naissance à des attachements de portion de minerai qui produisent des arrêts et des irrégularités dans la descente des charges; ce minerai s'affine en partie, et tombe ensuite dans le creuset. Il est alors indispensable de l'en faire sortir, et l'on n'a pour cela d'autre moyen que de le faire fondre ou scorifier en le faisant contourner par le vent que l'on dirige au moyen d'un trou pratiqué dans la coulée. Ce genre d'accident donne lieu à un travail très-pénible; mais il est heureusement fort rare, surtout quand le fourneau est neuf; l'introduction du vent chaud l'a rendu encore plus rare. Le résultat de ce dérangement, qui provient ordinairement d'une surcharge en minerai, est de donner de la fonte blanche, surtout dans le fourneau vieux de Follonica qui n'a qu'une seule tuyère au vent sec, et dans lequel la fonte blanche est toujours le signe d'une mauvaise allure. Il occasionne aussi une plus forte consommation de charbon, en obligeant quelquefois à remplir avec ce combustible le trop grand vide que la descente subite et irrégulière des charges laisse au gueulard.

Des diverses qualités de fonte.

Les fontes que l'on obtient le plus souvent dans les hauts-fourneaux de Toscane, quand on travaille en fonte de forge, sont les fontes truitées, rubannées et blanches. On les obtient alternativement suivant la qualité du charbon employé, mais on ne cherche pas à les produire isolément. Une trop grande production de fonte blanche indique une mauvaise allure, surtout, ainsi que

je l'ai déjà dit, dans le fourneau vieux de Follonica : cette particularité est attribuée soit à la grande quantité de fonte que produit ce fourneau, soit à ce qu'il n'a qu'une tuyère, et qu'il est soufflé avec un vent sec. Elle ne se présente, d'ailleurs, ni au fourneau San Leopoldo qui a deux tuyères, ni à ceux de Cecina et de la Pescia qui sont alimentés par un vent humide, circonstance que l'on regarde comme favorable à la production de la fonte blanche. On obtient quelquefois, mais accidentellement, de la fonte blanche caverneuse : elle est toujours le signe d'une mauvaise allure provenant d'une surcharge de minerai, ou d'une chute dans l'intérieur du fourneau à la suite d'attachements contre les parois.

On n'obtient de la fonte grise que lorsqu'on cherche à faire des objets moulés ; dans ce cas l'on augmente d'un quart la proportion de charbon dans les charges. Mais ce produit qui n'est, en quelque sorte, que le résultat d'une allure forcée, ne s'obtient qu'aux dépens de la consommation en charbon et de la production journalière. Cette fonte n'est, d'ailleurs, jamais d'un gris bien prononcé ; elle perd sa couleur à la seconde fusion, et devient blanche : il paraît cependant qu'en la fondant à l'air chaud, on peut encore obtenir de la fonte grise. En la mélangeant avec un poids égal de fonte au coke très-grise, on obtient des produits de très-bonne qualité. La fonte grise de première fusion du fourneau San Leopoldo est douce et se travaille bien ; elle a un grain fin et prend facilement les empreintes les plus délicates.

Les circonstances différentes qui accompagnent la production de ces diverses espèces de fonte

Circonstances qui accompa-

gnent la production des diverses qualités de fonte.

se manifestent principalement par le changement de nature des laitiers et de la flamme du gueulard. Quand on travaille en fonte grise, les laitiers qui s'écoulent librement sont grisâtres, bien vitrifiés ; ceux de hallage sont bleus et spongieux, leur liquidité n'est pas parfaite, ils sont un peu pâteux; les vapeurs d'eau qui s'élèvent quand on les arrose, entraînent beaucoup de graphite : en général les laitiers sont chauds et d'une couleur brillante. La flamme qui sort par-dessous la timpe entraîne une poussière blanche qui se dépose sur les parois de l'embrasure du travail : la tuyère est très-brillante, la flamme du gueulard est d'un rouge jaunâtre, et donne une légère fumée bleuâtre.

Quand on produit de la fonte rubannée, les laitiers sont verdâtres, mêlés quelquefois de portions grises, plus coulants que ceux de la fonte grise, mais moins chauds et se figeant rapidement ; ceux de hallage sont également verdâtres et vitrifiés avec une légère portion de laitiers spongieux. La flamme de la timpe est fumeuse et jaunâtre, et forme un dépôt d'un jaune verdâtre sur la poitrine du fourneau. La flamme du gueulard est d'un jaune bleuâtre et donne de temps en temps une fumée rouge.

L'allure est peu différente quand on produit de la fonte truitée, mais le gueulard fume plus souvent.

Pour la fonte blanche les laitiers sont vert-noirâtres, très-liquides et se figent promptement : ceux de hallage sont d'un vert plus foncé que pour la fonte rubannée. La flamme de la timpe ne donne aucune fumée ; le gueulard en donne au contraire beaucoup et de rougeâtre.

Quand on obtient de la fonte blanche caverneuse, ce qui n'arrive que lorsque le fourneau est dérangé, les laitiers sont noirs et spongieux, coulent avec une grande rapidité, et se figent très-vite; leur fluidité paraît due à ce qu'ils sont fort riches en fer : ils laissent échapper en plusieurs points de petites flammes. La flamme de la timpe est bleuâtre et peu abondante; celle du gueulard est d'un blanc bleu, et accompagnée d'une fumée analogue à celle que produit le bois en brûlant, et que les ouvriers appellent *fumo legnato*.

Depuis deux ans quelques-uns des fourneaux de Toscane sont soufflés au vent chaud, et cette modification a produit d'heureux résultats. **De l'introduction du vent chaud.**

Le fourneau San Leopoldo qui n'est construit que depuis deux ans, n'a marché au vent froid que pendant quelques mois; sa marche n'a pas pu faire bien connaître les avantages qu'on a retirés du nouveau système de soufflerie. Le fourneau de la Pescia a été reconstruit cette année, en même temps qu'on y a appliqué le vent chaud; en sorte que les résultats, évidemment avantageux, qui ont été obtenus, peuvent également être attribués au changement de la forme du fourneau qui était primitivement carré, et à l'échauffement du vent lancé dans le fourneau.

Le fourneau vieux de Follonica, dans lequel l'air chaud n'a été introduit qu'au mois de mars 1838, est le seul qui ait fourni des observations comparables. Le premier résultat a été une économie de charbon qui a été d'environ $\frac{1}{4}$: depuis le commencement de la campagne jusqu'au 20 mars, la consommation en charbon a été de 2 charges, 80 ou 1260 liv. par millier de fonte. Après le 20 mars, c'est-à-dire après l'introduc-

tion du vent chaud, cette consommation a été réduite à 2 charges, 31 ou 1040 livres par millier de fonte. Un autre résultat également fort important a été de rendre le travail plus régulier et plus facile, et de faire presque cesser les dérangements auxquels le fourneau était quelquefois sujet. L'opinion très-prononcée de M. Sivieri, directeur des usines du grand-duc, était que, sans le vent chaud, dans l'état de dégradation où se trouvait la chemise du fourneau, il aurait été complétement impossible de terminer la campagne.

Quant à la qualité de la fonte, elle ne paraît pas avoir été altérée, contrairement à l'opinion émise quelquefois que l'air chaud ne convient pas à la fusion des minerais siliceux : mais l'introduction du vent chaud a beaucoup facilité la production de la fonte grise; d'un autre côté, on a observé ici, comme déjà on l'avait fait ailleurs, que l'échauffement du vent a retardé la descente des charges, et par conséquent diminué la production journalière, quoique dans une faible proportion : mais il est résulté de ce changement un plus grand rendement en fonte : peut-être cependant ne doit-on pas attribuer la diminution de la production journalière à l'introduction de l'air chaud, mais bien plutôt à la faiblesse de la machine soufflante qui ne peut plus maintenant, à cause de la résistance provenant de la dilatation de l'air échauffé, lancer dans le fourneau la même quantité d'air qu'auparavant.

Au fourneau de la Pescia, depuis l'introduction du vent chaud, le produit journalier s'est élevé de 26 milliers (8.900 kilog.) à 32 (11.000 kilog.) : ce qui fait une augmentation de 33 p. o/o

environ. La consommation en combustible a été réduite de 400 livres par millier de fonte.

En terminant, je dirai que les avantages obtenus jusqu'à présent par l'échauffement de l'air lancé dans les hauts-fourneaux ont été tels, que le même système doit être introduit sous peu dans tous les hauts-fourneaux de Toscane.

Produits et consommations.

A l'usine de Follonica, on établit les calculs sur une consommation de 3 charges (1.350 livres) par millier de fonte de moulerie, et de 2 charges et $\frac{1}{2}$ (1.125 livres) par millier de fonte de forge, et sur un rendement de 58 de fonte pour 100 de minerai. Ces données présentent cependant quelques variations, ainsi qu'on pourra en juger par le tableau suivant des produits et consommations du fourneau vieux de Follonica pendant un certain nombre d'années.

ANNÉES.	MINERAI.				CHARBON.			PRODUIT.			
	Centi.	Produit par cento.	Tonnes.	Produit par tonne.	Consommation totale.	Pour 1000 liv.	Pour 1000 kilog.	Fonte de forge.	Objets moulés.	Total.	
		Liv.		Kilog.	Charges.	Charg.	Kilog.	Liv.	Liv.	Liv.	Kilogr.
1822-23	315 ¼	17.504	3 590,34	530,35	17.232	3 3/24	1 406,25	5.467.028	51.388	5.518.416	1.903 854
1823-24	277 ¼	16 913	3 163,26	512,74	13.685	2 21/24	1 293,75	4.620.700	103.000	4.723.700	1.629.677
1824-25	336 ¼	18.053	3 835,21	546,87	13.177 ½	2 17/24	1.219,00	6 058 875	»	6.058.875	2.091.912
1825-26	349 ¼	19.429	3.983,26	588,55	19.155	2 21/24	1.293,75	3.420 410	3.248.614	6 669.024	2.300.813
1826-27	390	18.659	4.441,66	565,36	22.802	3 1/24	1.369,00	2.114 500	5.072.864	7.187.364	2.479 641
1827-28	358 ¼	16.663	4.086,87	504,76	16.825	2 13/24	1.256,25	5.643 284	334.648	5.967.932	2.058.937
1828-29	384 ¼	17.963	4.377,29	541,14	17 569	2 11/24	1.144,00	6.473.912	424,000	6.897.912	2.379.780
1829-30	337 ¼	19,216	3.847,82	583,01	15.402	2 8/24	1.050,00	5 331.812	1.168.765	6.500.577	2.242.699
1830-31	86 ¼	21.288	987,98	638,65	3.823 ½	2 2/24	938,00	1.660.000	186.808	1.846.808	637.149
1831-32	372 ¼	17.931	4.240,62	543,17	13.894 ½	2 1/24	919,00	5.927.960	681.606	6.609.566	2.280.300
1835-36	409 ¼	18.168	4.667,59	545,04	18.167	2 10/24	1.090,00	7.041.745	393.674	7.435.419	2.565.220
1836-37	447 ¼	17.641	5.099,37	529,23	19.130	2 10/24	1.090,00	7.599.330	299.865	7.899.195	2.725.222

Dans la campagne de 1837-38, les produits et consommations des hauts-fourneaux de l'usine de Follonica ont été les suivants :

1° Fourneau San Leopoldo, marchant en fonte de moulage :

Du 1er décembre au 20 mai.

PRODUITS.			CONSOMMATION.
	liv.	kilog.	
Objets moulés. . .	838.170	289.169	Total : 14.480 charges.
Fonte en gueuse. .	4.265.108	1.471.462	par 1.000 liv. 2 ch., 83.
Ferrino, fonte provenant du lavage des laitiers. . . .	59.810	20.635	pr 1.000 kil. 1.274 kilo.
Total. . . .	5.163.088	1.781.266	

2° Fourneau vieux, marchant à l'air froid, en fonte de forge :

Du 1er décembre au 9 février.

PRODUITS.			CONSOMMATION.
	liv.	kilog	
Fonte de forge. .	2.390.780	824.819	Total : 6.684 charges.
Ferrino	20.000	6.900	par 1.000 liv. 2 ch., 80.
			par tonne. 1.260 kilog.
Total. . . .	2.410.780	831.719	

Fourneau vieux, marchant à l'air chaud :

Du 12 février au 20 mai.

PRODUITS.			CONSOMMATION.
	liv.	kilog.	
Fonte de forge. . .	2.588.255	892.948	Total : 8.290 charges.
Ferrino.	28.470	9.822	par 1.000 liv., 2 ch.,31.
			par tonne, 1.040 kilog.
Total. . . .	2.616.725	902.770	

(*Nota.*) La campagne s'est prolongée jusqu'au 20 juin : le fourneau neuf, San Leopoldo, a produit 6.200.000 livres (2.139.000 kilog.) dont 1.063.000 liv. en objets moulés. Le fourneau vieux a produit 7.100.000 livres (2.449. 500 kilog.).

Ce qui a été dit au sujet du nombre et de la composition des charges passées dans les fourneaux a déjà donné une idée de la production journalière en fonte. Cette production est variable avec la quantité de vent, l'état intérieur du fourneau, la qualité du charbon employé, etc. Les tableaux suivants indiquant la marche des divers fourneaux à diverses époques, achéveront de faire connaître d'une manière complète jusqu'à quel chiffre peut s'élever cette production, et la consommation en combustible qu'elle nécessite.

Dans ces tableaux on a toujours compté un nombre constant de charges pour le grillage du

minerai : cette évaluation n'est qu'approximative : la détermination exacte du combustible consommé ne se fait qu'à certaines époques de l'année, par le relevé des quantités de charbon livrées à chaque fourneau.

A. *Fourneau vieux de Follonica, dit* forno tondo (*fourneau rond*). — Campagne de 1833-34, mois d'avril : le fourneau était neuf, ce qui a rendu la production plus forte ; elle diminue après le mois d'avril quand la température s'élève.

DATE.	NOMBRE DES CHARGES.	MINERAI.		CHARBON.				PRODUIT EN FONTE.			
		Livres.	Kilogr.	Pour le fourneau.	Pour le grill.	Total.		Moulerie.	Gueuse.	Total.	
				Ch.	Ch.	Ch.	Kil.	Liv.	Liv.	Liv.	Kil.
1er avril.	208	95.500	32.948	90	14	104	15.288	3.000	45.000	48.000	16.560
2	210	95.910	33.089	91	14	105	15.435	3.000	45.000	48.000	16.560
3	208	95.500	32.948	90	14	104	15.288	3.000	45.000	48.000	16.560
4	211	94.000	32.430	92	14	106	15.582	4.000	43.000	47.000	16.215
5	211	95.940	33.099	92	14	106	15.582	6.000	42.000	48.000	16.560
6	185	82.900	28.600	79	14	93	13.671	1.500	40.000	41.500	14.317
7	208	95.900	33.085	90	14	104	15.288	2.000	46.000	48.000	16.560
8	200	93.900	32.396	86	14	100	14.700	2.000	45.000	47.000	16.215
9	201	92.950	32.068	92	14	106	15.582	2.100	44.000	46.100	15.905
10	203	93.950	32.412	88	14	102	14.994	3.000	44.000	47.000	16.215

11	202	93.950	32.413	87	14	101	14.847	3.000	44.000	47.000	16.215
12	204	91.950	31.722	88	14	102	14.904	6.000	40.000	46.000	15.870
13	205	92.900	32.050	89	14	103	15.141	6.500	40.000	46.500	16.042
14	206	96.900	33.430	89	14	103	15.141	2.500	46.000	48.500	16.733
15	208	93.950	32.412	90	14	104	15.288	4.000	43.000	47.000	16.215
16	211	93.950	32.413	92	14	106	15.582	4.000	43.000	47.000	16.215
17	207	93.900	32.396	90	14	104	15.288	3.000	46.000	49.000	16.905
18	210	93.950	32.412	91	14	105	15.435	4.000	43.000	47.000	16.215
19	215	93.950	32.413	94	14	108	15.876	3.000	44.000	47.000	16.215
20	207	93.950	32.412	90	14	104	15.288	4.000	43.000	47.000	16.215
21	213	94.900	32.740	93	14	107	15.729	2.500	45.000	47.500	16.387
22	209	93.950	32.413	91	14	105	15.435	2.500	44.000	46.500	16.043
23	211	94.900	32.741	92	14	106	15.582	2.500	44.000	46.500	16.042
24	207	92.900	32.050	90	14	104	15.288	4.500	42.000	46.500	16.043
25	210	92.900	32.050	91	14	105	15.435	4.000	43.000	47.000	16.215
26	211	92.950	32.058	92	14	106	15.582	5.000	42.000	47.000	16.215
27	220	97.900	33.775	96	14	108	15.876	3.000	46.000	49.000	16.905
28	200	89.100	30.740	86	14	100	14.700	2.000	48.000	50.000	17.250
29	214	97.900	33.775	93	14	107	15.729	3.000	46.000	49.000	16.905
30	207	95.900	33.116	90	14	104	15.288	4.000	44.000	48.000	16.560
1er mai.	209	95.110	32.813	91	14	105	15.435	2.000	46.000	48.000	16.560
Total. . .	6.340	2.914.300	1.005.429	2.795	434	3.229	474.663	104.600	1.361.000	1.465.600	505.632
Moyenne.	204	94.010	32.433	90,16	14	104,16	15.312	3.374	43.903	47.277	16.310

A. *Fourneau vieux de Follonica.* — Production

DATE.	NOMBRE des charges.	MINERAI.		CHARBON	
		Livres.	Kilog.	pour le fourn.	pour le grill.
Du 4 décembre				ch.	ch.
au 4 janvier. . .	5.384	1.920.840	662.690	2.404	448
— 11 *id.*	1.363	555.500	191.647	584	98
— 18 *id.*	1.343	583.900	201.445	575	98
— 25 *id.*	1.330	574 600	198.237	569	98
— 1er février. . .	1.379	580.500	200.273	594	98
— 8 *id.*	1.359	590.900	203.860	582	98
— 15 *id.*	1.401	617.500	213.038	603	98
— 22 *id.*	1.365	580.000	200.100	587	98
— 1er mars. . . .	1.437	622.500	214.763	621	98
— 8 *id.*	1.485	643.600	222.042	646	98
— 15 *id.*	1.484	666.500	229.943	645	98
— 22 *id.*	1.479	667.500	230.287	654	98
— 29 *id.*	1.431	622.600	214.797	620	98
— 5 avril	1.463	668.250	230.546	635	98
— 12 *id.*	1.413	645.500	222.697	610	98
— 19 *id.*	1.462	663.500	228.908	635	98
— 26 *id.*	1.468	655.500	226.147	639	98
— 3 mai.	1.476	672.000	231.840	642	98
— 10 *id.*	1.404	610.000	210.450	607	98
— 17 *id.*	1.373	610.000	210.450	589	98
— 24 *id.*	1.395	582.000	200.790	601	98
— 31 *id.*	1.338	536.000	184.920	574	98
— 7 juin.	1.379	546.000	188.370	594	98
— 13 *id.*	1.206	492.000	169.740	547	98
Total. . . .	37.617	15.907.190	5.487.980	16.357	2.688
Moyenne par semaine.	1.386	586.054	202.188	602	98
Moyenne par jour . .	198	83.722	28.884	86	14

par semaine pendant la campagne 1833-34.

CHARBON.		PRODUIT EN FONTE.			
Total.		Moulerie.	Gueuse.	TOTAL.	
ch.	kil.	liv.	liv.	liv.	kil.
2.852	419.244	14.450	951.000	965.450	333.090
682	100.254	2.550	277.000	279.550	96.445
673	98 931	1.000	292.000	293 000	101.085
667	98.049	2.500	285.000	287.500	99.187
692	101.724	9.500	282.000	291.500	100.568
680	99.960	6.000	290.000	296.000	102.120
701	103.047	8.000	302.000	310.000	106.950
685	100.695	8.000	282.000	290.000	100.050
719	105.693	10.000	303.000	313.000	107.985
744	109.348	10.000	312.000	322.000	111.090
743	109.221	11 000	323.000	334.000	115.230
752	110.544	11.000	323.000	334.000	115.230
718	105.546	12.000	299.000	311 000	107.295
733	107.551	28.000	307.000	335.000	115.575
708	104.076	20.000	303.000	323.000	111.435
733	107.751	27.000	305.000	332 000	114.540
737	108.339	25.000	303.000	328 000	113.160
740	108.780	18.000	320.000	338 000	116.610
705	103.635	28.000	277.000	305 000	105.225
687	100.989	46.000	260.000	306 000	105.570
699	102.753	34.000	258.000	292 000	100.740
672	98.784	36.000	234.000	270 000	93.150
692	101.724	12 000	262.000	274 000	94.530
631	92.757	47.073	243.695	290.768	100.315
19.045	2.799 615	427.073	7.593.695	8.020.768	2.767.165
700	103.145	15.743	279.762	295.505	101.948
100	14.735	2.249	39.966	42 215	14.564

Dans la dernière campagne on n'a travaillé que pour fonte de forge : le fourneau fut mis en feu à la fin de novembre 1837 ; la production par quinzaine fut

		liv.	kil.
Première période. Soufflerie au vent froid.	Jusqu'au 2 décembre.	46.000	15.870
	Du 2 au 15 décembre.	474.780	163.799
	Du 15 au 31 décembre.	544 000	187.680
	Du 1er au 15 janvier. .	595.000	205.275
	Du 16 au 31 janvier. .	631.000	217.695
	Du 1er au 5 février. . .	200.000	69.000
	Total.	2.490.780	859.319
	Moyenne par jour. . .	37.739	13.020

Consommation moyenne { par 100 liv., 2ch.,83.
par tonne, 1.260 kil.

Après un arrêt de sept jours pour mettre l'appareil à échauffer le vent, on a repris le travail le 12 février. On a produit :

		liv.	kil.
Seconde période. Soufflerie au vent chaud.	Du 12 au 28 février. .	622.000	214.590
	Du 1er au 15 mars. . .	570.000	196.650
	Du 16 au 31 mars. . .	616.000	212.520
	Du 1er au 15 avril. . .	589 000	203.201
	Du 16 au 30 avril. . .	529.915	182.821
	Du 1er au 15 mai. . .	499.065	172.177
	Du 16 au 20 mai. . .	152.275	52.535
	Total. . . .	3.578.255	1.234.494
	Moyenne par jour. . .	36.869	12.726

Consommation moyenne { par 1.000 liv., 2ch.,31
par tonne, 1,040 kil.

B. *Fourneau neuf de Follonica*, dit San Leopoldo. — Ce fourneau, construit depuis deux ans, travaille presque continuellement en fonte de moulerie ; il est soufflé au vent chaud. Dans la campagne dernière, il a été mis en feu à la fin de novembre, et la production a été :

	liv.	kil.
Au 2 décembre 1837. . .	32.000	11.040
Du 3 au 15 décembre. . .	332 832	114.827
Du 16 au 31 décembre. .	507.374	175.044
Du 1er au 15 janvier. . . .	477.070	164.589
Du 16 au 31 janvier. . . .	511.036	176.308
Du 1er au 15 février. . . .	477.030	164.575
Du 16 au 28 février. . . .	404.816	139.662
Du 1er au 15 mars.	450.310	155.357
Du 16 au 31 mars.	488.930	168.681
Du 1er au 15 avril.	444.050	153.197
Du 16 au 30 avril.	430.900	148.660
Du 1er au 15 mai.	405.400	139.863
Du 16 au 20 mai.	131.160	45.250
Total. . . .	5.092.908	1.757.053
Moyenne par jour. . .	29.958	10.335

Consommation moyenne { par 1.000 liv., 2ch.,83. / par tonne, 1.274 kil.

La quantité de fonte produite journellement est plus forte quand on ne travaille pas pour fonte de moulage ; elle s'élève alors à plus de 33.000 livres, et va même jusqu'à 38.000 liv. (13.110 kil.). Des renseignements qui me sont parvenus depuis que j'ai quitté la Toscane m'ont appris que, dans les derniers jours de la campagne où l'on n'a travaillé que pour fonte de forge truitée ou rubannée, la production a été de 35 à 36 milliers (12.075 à 12.420 kil.).

C. *Haut-fourneau de Cecina, soufflé au vent froid, mais humide.* — Campagne de 1835-36. Production par semaine.

DATE.	NOMBRE des charges.	MINERAI.		CHARBON CONSOMMÉ				FONTE EN GUEUSE.	
		livres.	kilogr.	pour le fourneau.	pour le grillag.	Total.		livres.	kilogr.
				ch.	ch.	ch.	kil.		
Du 23 au 29 novem.	648	129.000	44.505	351	35	385	56.595	65.000	22.425
Du 29 nov. au 6 déc.	728	215.780	74.444	363	35	398	58.506	131.000	45.195
Du 6 au 13 décemb.	774	244.380	84.311	388	35	423	62.181	151.000	52.095
Du 13 au 20 décemb.	809	278.670	96.141	404	35	439	64.533	168.000	57.960
Du 20 au 27 décemb.	839	293.650	101.309	419	35	454	66.738	176.000	60.720
Du 27 déc. au 3 janv.	704	249.620	86.119	396	35	431	63.357	153.000	52.785
Du 3 au 10 janvier.	808	272.050	93.857	402	35	437	64.239	162.000	55.890
Du 10 au 17 janvier.	836	299.520	103.334	418	35	453	66.591	177.000	61.065
Du 17 au 24 janvier.	837	325.240	112.208	419	35	454	66.738	187.000	64.515
Du 25 au 31 janvier.	831	322.990	111.432	415	35	450	66.150	185.000	63.825
Du 1er au 7 février.	850	331.500	114.368	425	35	460	67.620	191.000	65.895
Du 8 au 14 février.	882	345.110	119.063	440	35	475	69.825	201.000	69.345

Du 15 au 21 février.	926	336.740	116.175	462	35	497	73.059	191.000	65.895
Du 22 au 28 février.	933	327.710	113.060	465	35	500	73.500	191.000	65.89?
Du 29 fév. au 6 mars.	973	349.200	120.474	434	35	469	68.943	195.000	67.2-5
Du 7 au 13 mars. . .	926	321.970	111.080	461	35	496	72.912	179.000	61 755
Du 14 au 20 mars. .	917	362.110	124.928	457	35	492	72.324	199.000	68.655
Du 21 au 27 mars. .	965	345.020	119.032	482	35	512	75.264	187.000	64.515
Du 28 mars au 3 avr.	901	360.400	124.338	450	35	485	71.295	1[illegible]9.000	68.655
Du 4 au 10 avril. .	911	364.400	125.718	454	35	489	71.883	198.000	68.310
Du 11 au 17 avril. .	885	316.250	109 106	418	35	433	63.661	176.000	60 720
Du 18 au 24 avril. .	915	356.850	123.113	454	35	489	71.883	197.000	67.965
Du 25 av. au 1er mai.	991	356.070	122 844	494	35	529	77.763	200.000	69.000
Du 2 au 8 mai. . . .	1.026	358.100	123.545	508	35	543	79 821	202.000	69.690
Du 9 au 15 mai. . .	1.032	360.900	124.511	509	35	544	79 968	200.000	69.000
Du 16 au 22 mai. . .	1.037	362 350	125.011	507	35	542	79 674	200.000	69.000
Du 23 au 29 mai. . .	1.021	356.450	122.975	501	35	536	78.792	200.000	69.000
Du 30 mai au 5 juin.	1.021	356.450	122.975	500	35	535	78 645	200.000	69 000
Du 6 au 12 juin. . .	1.016	354.400	122.268	498	35	533	78 351	199.000	68.655
Du 13 au 19 juin. .	986	345.300	119.128	490	35	525	77.175	190.000	65.550
Du 20 au 26 juin. .	931	322.520	111.269	466	35	501	73.647	177.000	61.065
Total.	27.859	9.920.700	3.422.641	13.824	1.085	14.909	2.191.623	5.627.000	1.941.315
Moyenne par semaine.	896	320.019	110.404	445,9	35	480,9	70 693	181.517	62.622
Moyenne par jour. .	128	45,717	15.772	63,7	5	68,7	10.099	25.931	8.946

C. *Haut-fourneau de Cecina.* — **Production pendant 25 jours de la campagne de 1837-38, à l'époque où l'on enleva le vent des trompes. Le jeu des trompes fut arrêté le 22 mars 1838.**

DATE.	NOMBRE des charges.	MINERAI.		CHARBON CONSOMMÉ				FONTE EN GUEUSE.	
		livres.	kilogramm.	pour le fourneau.	pour le grillage.	Total.		livres.	kilogramm.
				ch.	ch.	ch.	kil.		
10 mars.	136	46.950	16.198	60	5	65	9.555	27.000	9.315
11	138	48.300	16.663	61	5	66	9.702	28.000	9.660
12	146	51.100	17.630	63	5	68	9.996	29.000	10.005
13	142	49.700	17.146	62	5	67	9.849	28.000	9.660
14	146	51.100	17.630	63	5	68	9.996	29 000	10.005
15	143	50.050	17.267	62	5	67	9.849	29.000	10.005
16	140	49.000	16 905	62	5	67	9.849	28.000	9.660
17	144	50.400	17.388	62	5	67	9.849	29.000	10.005
18	141	49.350	17.025	62	5	67	9.849	27.000	9.315
19	139	48.650	16.784	61	5	66	9.702	27.000	9.315

20 mars.	142	49.700	17.146	62	5	67	9.849	28.000	9.660
21	138	48.300	16.663	61	5	66	9.702	26.000	8.970
22	105	35.700	12.316	48	5	53	7.891	20.000	6.900
23	110	37.950	13.093	50	5	55	8.085	21.000	7.145
24	110	37.950	13.093	50	5	55	8.085	21.000	7.145
25	109	39.240	13.538	50	5	55	8.085	22.000	7.490
26	109	39.240	13.538	50	5	55	8.085	22.000	7.490
27	109	39.240	13.538	50	5	55	8.085	22.000	7.490
28	107	38.520	13.289	49	5	54	7.938	21.000	7.145
29	109	39.240	13.538	50	5	55	8.085	22.000	7.490
30	107	38.520	13.289	49	5	54	7.938	22.000	7.490
31	110	39.600	13.524	50	5	55	8.085	23.000	7.635
1er avril.	111	38.850	13.403	50	5	55	8.085	22.000	7.490
2	109	38.150	13.162	50	5	55	8.085	22.000	7.490
3	112	39.200	13.524	51	5	56	8.232	23.000	7.635
4	109	38.150	13.262	50	5	55	8.085	22.000	7.490

D. *Haut-fourneau de Valpiana*. La section horizontale intérieure est un carré : il est soufflé au vent froid, mais humide, par quatre trompes. Il n'a pas travaillé dans la dernière campagne : en 1836, du 1er février au 31 mai, il a produit 2.643.750 livres de fonte (912.094 kilog.).

Tableau de la production pendant un mois de l'année 1836.

DATE	NOMBRE des charges.	MINERAI.		CHARBON CONSOMMÉ				FONTE EN GUEUSE.	
		livres.	kilogr	pour le fourneau.	pour le grillage.	Total.		livres.	kilog.
				charg.	charg.	charg.	kil.		
1er mars	162	51.516	17.773	82	7	89	13.083	29.000	10.005
2	165	52.470	18.102	83	6	89	13.083	32.000	11.040
3	166	52.788	18.212	83	8	91	13.377	30.000	10.350
4	162	51.516	17.773	82	7	89	13.083	29.000	10.005
5	152	48.336	16.676	78	7	85	12.495	27.000	9.315
6	155	44.950	15.508	78	7	85	12.495	26.000	8.970
7	154	44.660	15.408	77	6	83	12.201	28.000	9.660
8	154	44.660	15.408	77	7	84	12.348	23.000	7.935
9	135	39.150	13.506	68	6	74	10.878	24.000	8.280
10	154	44.660	15.408	77	5	82	12.054	24.000	8.280

11	152	44.080	15.207	76	6	82	12 054	28.000	9.660
12	155	44.950	15.508	78	6	84	12.348	25.000	8.625
13	152	47.120	16.256	76	6	82	12.054	28.000	9.660
14	150	48.500	16.042	75	7	82	12 054	26.000	8.970
15	150	46.500	16.042	75	7	82	12.054	27.000	9.315
16	150	46.500	16.042	75	6	81	11.907	27.000	9.315
17	149	46.190	15.936	75	6	81	11.907	27.000	9 315
18	150	46.500	16.043	75	5	80	11.760	26.000	8.970
19	163	50.530	17.433	82	6	88	12.936	29.000	10.005
20	153	47.430	16.363	76	5	81	11.907	26.000	8 970
21	152	47.120	16.257	76	6	82	12 054	27.000	9.315
22	152	47.120	16.256	71	7	78	11.466	27.000	9.315
23	152	45.600	15.732	76	6	82	12.054	25 000	8.625
24	154	46.200	15.939	77	5	82	12.054	27.000	9.315
25	161	48.300	16.663	81	6	87	12.789	26.000	8.970
26	160	48 000	16 560	80	6	86	12.642	29.000	10.005
27	161	48.300	16 664	81	7	88	12.936	28.000	9 660
28	164	49.200	16.974	82	6	88	12.936	29.000	10.005
29	166	49.800	17.181	83	6	89	13.085	28 000	9.660
30	163	48.900	16.870	82	7	89	13.083	29.000	10.005
31	163	48 900	16.871	82	6	88	12 936	27.000	9 315
Total.	4.831	1.468.446	506.614	2 419	194	2.613	384.111	843.000	290.835
Moyenne par jour.	155,5	47.369	16.342	78,03	6,20	84,20	12.390	27.193	9.382

E. *Haut-fourneau de la Pescia.* Pour ce fourneau je n'ai pu me procurer d'autres renseignements sur sa marche que ceux que j'ai déjà donnés plus haut, savoir : que le fourneau qui était autrefois carré donnait par jour 26.000 livres de fonte (environ 8.900 kil), et que depuis qu'il a été reconstruit avec les dimensions qui ont déjà été indiquées, et qu'il est soufflé au vent chaud, il donne moyennement 32 milliers (11.000 kil.) par jour.

Ouvriers employés au haut-fourneau.

Le travail d'un fourneau occupe 20 ouvriers, savoir :

Au fourneau.
- 2 ouvriers fondeurs, 2 aides — travaillant au creuset.
- 2 ouvr. réglant les charges, 2 aides — travaillant au gueulard.
- Ces 8 ouvriers sont partagés en deux postes qui se relèvent alternativement.
- 2 ouvriers pour laver les laitiers et les transporter hors de l'atelier.

Au four de grillage.
- 8 chargeurs et casseurs.
- 2 ouvriers pour cribler et laver le minerai cassé, et le porter au gueulard du fourneau.

Total. . 20 ouvriers.

Considérations sur la fusion des minerais dans le haut-fourneau.

La circonstance la plus remarquable que présente le traitement du minerai de l'île d'Elbe, dans les hauts-fourneaux de Toscane, est l'élévation extraordinaire du produit journalier. De toutes les causes qui peuvent amener une pareil résultat, la plus puissante est, sans contredit, la nature même du minerai qui, par sa richesse, sa fusibilité et sa facilité de réduction, permet de n'employer qu'une faible proportion de fondant et de combustible, et, par conséquent, de contenir dans le fourneau une plus grande quantité de minerai à la fois qu'on ne pourrait le faire avec tout autre ; quant aux autres circonstances du traitement,

elles ne sont qu'accessoires, et déterminées en quelque sorte par les qualités du minerai.

En examinant le rapport de la production avec les dimensions du fourneau, on trouve que le fourneau le plus haut et le plus grand est aussi celui qui produit le plus. Ainsi :

1° Le fourneau vieux de Follonica, dont la hauteur est $8^{m},219$, et le volume intérieur $13^{m.m.m},560$, produit par jour, en marchant au vent froid, $13^{tonnes},479$ de fonte, ce qui donne, pour le rapport du produit à la hauteur, 1,64. Ce même fourneau, marchant au vent chaud, ne produit que $13^{t},196$, ce qui réduit le rapport du produit à la hauteur à 1,60.

2° Le fourneau San Leopoldo, dont la hauteur est de $7^{m},725$, et le volume $11^{m.m.m},212$, marchant à l'air chaud, produit par jour $11^{t},450$ de fonte de forge, et $10^{t},350$ de fonte de moulage. Le rapport du produit à la hauteur est, dans le premier cas, 1,48, et, dans le second, 1,34.

3° Enfin, dans le fourneau de Cecina, qui a $7^{m},229$ de hauteur, dont le volume est $8^{m.m.m},685$, et la production journalière de $9^{t},487$, ce rapport est de 1,09. Ainsi, non-seulement la production augmente avec la hauteur du fourneau, mais plus rapidement que cette dimension.

Si l'on cherche à déterminer le temps que les charges restent dans le fourneau, en admettant que le mètre cube de charbon pèse moyennement 250 kilog., et que le mètre cube de minerai pèse 3.600 kilog., on trouve :

1° Dans le vieux fourneau de Follonica, le volume d'une charge est de $0^{m.m.m},315$ quand on travaille au vent froid : le fourneau en contient donc 43,30; et comme on en passe 200 en 24 heu-

res, chaque charge reste dans le fourneau 5h. 10′. Quand on travaille au vent chaud, le volume d'une charge est de 0 m.m.m,629; le fourneau en contient 21,65; et comme on en passe 85 en 24 heures, chaque charge reste dans le fourneau 6h. 6′.

2° Au fourneau San Leopoldo, travaillant au vent chaud en fonte de forge, on passe en 24 heures 165 charges dont le volume est de 0 m.m.m,315; le fourneau en contient 35,80 : le temps de la descente est de 5h. 12′. Quand on travaille en fonte de moulerie, le volume d'une charge est de 0 m.m.m,482; on en passe 150 en 24 heures; le fourneau en contient 23,25 : donc le temps de descente est de 3h. 43′.

3° Enfin, au fourneau de Cecina, travaillant au vent froid, on passe, en 24 heures, 138 charges dont le volume est de 0 m.m.m,315 : le fourneau peut en contenir 27,75, ce qui porte à 4h. 50′ le temps de la descente d'une charge.

Quoiqu'on ne puisse pas regarder ces nombres comme rigoureusement exacts, à cause de la diminution apportée dans le volume des charges, à mesure de leur descente, par la combustion du charbon, ils sont cependant comparables entre eux. Ainsi, en comparant les deux fourneaux de Follonica marchant au vent chaud, en fonte de forge, on trouve les rapports suivants :

Pour les hauteurs. . . . . $\frac{8,219}{7,725}=1,064$

Pour les volumes. . . . . $\frac{13,563}{11,212}=1,209$

Pour la production journalière. . . . . $\frac{38,250}{33,200}=1,152$

Pour la durée de la descente des charges. $\frac{6^h\ 6'}{5^h\ 12'}=1,173$

En comparant la marche du fourneau vieux de Follonica au vent froid, avec celle du fourneau de Cecina, on trouve également les rapports suivants :

Pour les hauteurs.	$\frac{8,219}{7,229}=1,137$
Pour les volumes.	$\frac{13,563}{8,685}=1,561$
Pour la production journalière.	$\frac{39,650}{27,500}=1,441$
Pour la durée de la descente des charges.	$\frac{5^h\ 10'}{4^h\ 50'}=1,070$

On voit d'après cela que la durée de la descente des charges augmente avec la production journalière, avec le volume et la hauteur des fourneaux, mais dans une moindre proportion, en sorte qu'en réalité les charges descendent plus vite dans un fourneau plus grand.

Les considérations qui précèdent prouvent l'influence que les dimensions du fourneau peuvent avoir sur le chiffre de la production journalière, qui augmente avec elle. Ce résultat peut s'expliquer par le séjour plus long des charges dans le fourneau, ce qui permet au minerai de mieux se préparer à la fusion. Il paraîtrait toutefois que les limites de la hauteur à donner à un haut-fourneau ont été à peu près atteintes dans le vieux fourneau de Follonica; en donnant des dimensions plus fortes, il serait à craindre, à cause de la fusibilité du minerai, qu'un trop long séjour dans le fourneau ne donnât lieu à un déchet considérable par le passage d'une certaine quantité d'oxyde de fer dans les laitiers, ou à des dérangements du fourneau produits par l'affinage d'une

portion de fonte. On a effectivement remarqué que l'on obtenait ce résultat, et surtout des laitiers riches en fer, quand il arrivait par hasard que le minerai était trop grillé. On peut également conclure de ce qui précède que la compacité du charbon employé n'est qu'un élément secondaire de cette grande production de fonte, et qu'elle n'agit pas en donnant naissance à une chaleur plus forte, mais seulement en permettant de donner aux charges, sans changer la proportion de minerai qu'on y fait entrer, un volume moindre qu'on ne le ferait avec un charbon plus léger. La forme intérieure des fourneaux qui, en général, n'ont pas d'ouvrage, vient à l'appui de cette opinion; car elle prouve qu'on ne cherche pas à produire une très-forte chaleur par le resserrement de la partie inférieure de la cuve. Cette forme est d'ailleurs très-rationnelle : car, avec un minerai très-fusible, le rétrécissement de cette partie de la cuve ne pourrait amener aucun bon résultat quant au rendement du minerai et à la rapidité de descente des charges. La différence que la forme intérieure du fourneau San Leopoldo présente avec les autres, différence qui consiste dans l'existence d'un ouvrage ayant le tiers de la hauteur des étalages, ne paraît pas avoir eu d'autre but que de faciliter la formation de la fonte grise : c'est effectivement le résultat auquel on est arrivé, mais en augmentant le déchet, puisqu'on n'obtient que 57,14 et 58,05 de fonte pour 100 de minerai, tandis que dans le vieux fourneau on obtient jusqu'à 61,63 en travaillant au vent chaud.

L'introduction du vent chaud dans ce dernier a agi, quoique légèrement, sur la production

journalière, mais en la diminuant et non en l'augmentant comme on l'avait généralement observé jusqu'ici. Ce résultat, en quelque sorte anomal, s'explique très-bien par l'insuffisance des machines soufflantes ; la grande quantité de vent que celles-ci lancent dans le fourneau ne concourt à l'augmentation de la production qu'en déterminant la combustion de charbon qui entre dans les charges ; il est même facile de s'assurer que cette quantité est insuffisante pour brûler tout le charbon qu'on passe dans le fourneau, et même, dans certains cas, pour le convertir en oxyde de carbone. En effet, 100 kilog. de carbone exigent, pour être convertis en acide-carbonique, $261^{k},20$ d'oxygène, ce qui correspond à 867,70 mèt. cub. d'air : le charbon renfermant moyennement 6 p. o/o de cendres, n'exige que $245^{k},53$ d'oxygène en 815,70 mèt. cub. d'air, et la moitié seulement pour être converti en oxyde de carbone. D'un autre côté, le minerai renferme au moins 60 p. o/o de fer oxydé, et par conséquent 25,70 p. o/o d'oxygène. En partant de ces bases, on arrive au résultat suivant :

1° Dans le fourneau San Leopoldo, travaillant à l'air chaud et pour fonte de moulage, recevant par minute $26^{m.m.m},177$ d'air, on passe en 24 heures $18.112^{k},50$ de minerai contenant $4.574^{k},80$ d'oxygène, et $12.937^{k},50$ de charbon, exigeant, pour être converti en acide carbonique, $73^{m.m.m},20$ d'air par minute ; et, pour donner de l'oxyde de carbone, $36^{m.m.m},60$.

Pour expliquer la combustion même incomplète du charbon passé dans le fourneau, il faut donc nécessairement avoir recours à l'oxygène contenu dans le minerai : dans ce cas, il ne faut plus

pour convertir le charbon en acide carbonique, qu'un volume de 92$^{m.m.m}$,70 d'air par minute; et, en oxyde de carbone, que 26$^{m.m.m}$,00.

Quand le fourneau travaille en fonte de forge, on passe en 24 heures 19.723^{k},25 de minerai, contenant 5,070^{k},00 d'oxygène, et 11.385^{k},00 de charbon, exigeant, pour donner de l'acide carbonique, un volume de 64$^{m.m.m}$,50 d'air par minute; et, pour donner de l'oxyde de carbone, 32$^{m.m.m}$25.

En ayant égard à l'oxygène contenu dans le minerai, il ne faut plus, pour transformer le charbon en acide carbonique, que 54$^{m.m.m}$,00 d'air par minute; et, en oxyde de carbone, que 20$^{m.m.m.}$,54.

2° Dans le fourneau vieux de Follonica on passe, quand il travaille au vent froid, 24.150^{k},00 de minerai, contenant 6.206^{k},55 d'oxygène, et 13,800^{k},00 de charbon, exigeant, pour être converti en acide carbonique, 78$^{m.m.m}$,17 d'air par minute, et en oxyde de carbone, 39,09; ou bien, en ayant égard à l'oxygène contenu dans le minerai, exigeant seulement, pour donner de l'acide carbonique, 63$^{m.m.m}$,90 d'air par minute; et, pour donner de l'oxyde de carbone, 24$^{m.m.m}$,76 d'air. Le fourneau, dans ce cas, recevrait par minute 35$^{m.m.m.}$,093 d'air; quand il travaille au vent chaud, il ne reçoit plus que 31$^{m.m.m}$,500.

Dans ce cas, on passe en 24 heures 21.407^{k},25 de minerai contenant 5.501^{k},66 d'oxygène, et 11.730^{k} de charbon, exigeant, pour être converti en acide carbonique, 66$^{m.m.m}$,45 par minute, et en oxyde de carbone 33$^{m.m.m}$,250; ou bien, en tenant compte de l'oxygène contenu dans le minerai, exigeant pour former de l'acide carbonique

53$^{m.m.m}$,75 d'air par minute, et pour donner de l'oxyde de carbone 20,53.

3° Enfin au fourneau de Cecina, on passe en 24 heures 16.663^k,50 de minerai contenant 4.282^k,50 d'oxygène, et 9.487^k,50 de charbon qui exigent pour être convertis en acide carbonique 55$^{m.m.m}$,77 d'air par minute, et pour donner de l'oxyde de carbone 27$^{m.m.m}$,89; ou bien en ayant égard à l'oxygène contenu dans le minerai, n'exigeant plus pour donner de l'acide carbonique que 43$^{m.m.m}$,86 d'air par minute, et pour donner de l'oxyde de carbone que 17$^{m.m.m}$,00. Le fourneau dans le même temps en reçoit 28$^{m.m.m}$,800.

On voit d'après cela que, dans la plupart des cas, la quantité d'air lancé dans les fourneaux ne peut suffire pour transformer en oxyde de carbone tout le charbon introduit avec les charges de minerai. Cette quantité d'air, quoique considérable, n'est donc pas une des causes premières de la grande production des fourneaux; elle n'en est en quelque sorte qu'un des éléments accessoires, puisqu'elle n'agit qu'en activant la combustion du charbon qu'il faut nécessairement brûler pour obtenir la chaleur nécessaire à la fusion du minerai. On ne peut guère assigner d'autre mode d'action à ce volume d'air, qui, bien que considérable, est cependant bien plus faible que celui lancé dans certains fourneaux d'un produit inférieur, et qui est proportionnellement plus faible que celui que reçoivent ordinairement les fourneaux au charbon de bois.

On peut conclure de ce qui précède que la seule et véritable cause de la grande production des fourneaux de Toscane, est la nature même du minerai : tous les autres éléments qui peuvent

concourir à produire ce résultat ne sont qu'une suite rationnelle de cette première cause, et il sera facile de les créer partout où l'on aura à sa disposition les matières premières nécessaires à l'établissement et au roulement d'un haut-fourneau. Ce qui a été dit plus haut fait voir que l'augmentation des dimensions du fourneau ne favorise la production qu'en permettant de soumettre le minerai plus longtemps à l'action de la chaleur, mais non en augmentant cette chaleur ; il en est de même de la compacité du charbon : ainsi quand on n'aura à sa disposition que du charbon léger, ce qui augmentera le rapport du volume des charges à leur richesse en minerai, on pourra espérer d'obtenir un résultat approchant, sinon le même, de celui que donnent les charbons durs, en donnant au fourneau une plus grande hauteur qu'on pourrait porter à 8m,50 qui me paraît une limite au-dessous de laquelle on doit se tenir, en variant entre 8m et 8m,50, suivant la nature du charbon. Quant aux autres dimensions du fourneau, on devra les déterminer dans le but de rendre la descente des charges aussi régulière que possible, et d'éviter en même temps de soumettre le minerai à une trop forte chaleur, ce qui, en facilitant la formation de la fonte grise, augmente le déchet et diminue en même temps la production journalière. Avec un minerai aussi fusible que celui de l'île d'Elbe, comme on ne peut obtenir de la fonte grise qu'en forçant en quelque sorte l'allure du fourneau, sans pouvoir, malgré cela, obtenir des fontes bien grises qui résistent à une deuxième fusion, on ne doit chercher à atteindre ce but que lorsqu'on se trouve placé dans des circonstances particulières analogues à celles

où sont les forges de Toscane; dans le cas contraire, il sera toujours plus avantageux de travailler pour fonte de forge. D'après cela, il conviendra de ne pas trop rétrécir le fourneau dans sa partie inférieure, et par conséquent de ne point faire d'ouvrage, de donner aux étalages une pente assez forte qui pourra varier entre 4 et 5 de hauteur pour 1 de base : cette disposition devra nécessairement relever le ventre et donner à la cuve du fourneau la forme de deux troncs de cône à peu près égaux, réunis par leur base. Ainsi l'on voit que, même dans le fourneau San Leopoldo, qui est construit pour donner de la fonte grise, les dimensions horizontales du creuset sont peu différentes de celles du gueulard. Remarquons en terminant que la grande inclinaison que l'on donne aux tuyères (15 à 17°), sans être précisément indispensable, paraît cependant avoir une certaine influence sur le chiffre de la production journalière.

Avec un fourneau construit d'après ces principes, si l'on peut disposer d'une force motrice suffisante pour mettre en jeu une machine soufflante capable de fournir la quantité d'air nécessaire à la combustion du charbon correspondant à la quantité de minerai que l'on devra passer au fourneau (environ parties égales), et si en même temps on conduit la marche du fourneau de manière à favoriser la descente des charges, en nettoyant surtout fréquemment le creuset et n'arrêtant le vent que le plus rarement et le moins longtemps possible, il est hors de doute qu'on parviendra à obtenir les mêmes résultats que dans les fourneaux de Toscane.

CHAPITRE II.

FABRICATION DU FER FORGÉ.

L'affinage de la fonte en Toscane est loin de présenter des résultats aussi remarquables que la fusion des minerais dans les hauts-fourneaux : aussi me contenterai-je de le décrire rapidement. Chaque forge se compose de deux feux d'affinerie et d'un marteau pesant environ 400 liv. (138 k.). Les feux sont soufflés par une trompe chacun , et desservis ensemble par sept ouvriers, dont :

1 chef forgeron et un sous-chef.	2
2 premiers forgeurs (lavoranti).	2
2 affineurs (putelli).	2
1 garçon (braschino).	1
Total.	7

auxquels on donne 11 lires (9 f. 24) par millier de fer forgé , ce qui fait 2 f. 68 par quintal métrique.

On cherche ordinairement, pour l'affinage, à mélanger les diverses espèces de fonte que l'on peut avoir à affiner, de manière à former un tout d'une qualité à peu près constante, ce que permet facilement la nature assez uniforme des produits des hauts-fourneaux : cette circonstance est cause que l'affinage présente peu de variations. Il arrive quelquefois , mais rarement, que l'on doit affiner des fontes grises seules, ou des fontes blanches seules ; dans ce cas on fait quelques modifications dans la conduite du travail, de manière à le rendre plus ou moins rapide.

Le creuset, dans lequel on opère, est carré ; il a un bras et demi (0m,865) de côté , et un bras

(0^m,583) de profondeur. La tuyère placée à un bras au-dessus du fond a une forme généralement courbe et est très-plongeante ; sa direction vient rencontrer la face du contre-vent à une très-petite distance du fond.

L'affinage de la fonte se divise en deux opérations distinctes : la première, appelée *cotticciatura*, se compose d'une fusion et d'un demi-affinage de la fonte, et donne naissance à des massets, appelés *cotticci*, qui sont ensuite affinés complétement et forgés dans la seconde opération.

1° *Fusion de la fonte.*—Cette opération s'exécute sur 800 à 1000 livres de fonte (275 à 345 k.) : cette quantité est placée au-dessus de la tuyère après que l'on a préalablement rempli le creuset de charbon : on donne le vent d'abord faible, et on l'augmente peu à peu. Dans cette période, il n'y a d'autre soin à avoir que d'entretenir le creuset plein de charbons rouges. La fonte coule peu à peu au fond du creuset, et au bout d'un temps variable, entre $1^h \frac{1}{2}$ et 2^h, toute la charge est amenée à un état de fusion pâteuse : quand ce moment est arrivé, les deux affineurs, travaillant chacun à un feu, cherchent à retirer par attachement une certaine portion de la fonte qui est dans le creuset : pour cela, ils enfoncent un ringard dans le bain du côté du contre-vent, et le retirent quand ils sentent qu'il s'y est attaché une quantité suffisante de métal qu'ils déposent à côté du creuset. L'ouvrier répète cette même opération jusqu'à ce qu'il ait retiré, par ce moyen, environ la moitié de la masse fondue. Cette fonte ainsi imparfaitement affinée, est divisée en 14 ou 15 portions destinées à former chacune un masset

ou *cotticcio*. La seconde partie de l'opération dure de deux à trois heures. Quand elle est terminée, on remplit le creuset de charbons frais sur lesquels on place, au-dessus de la tuyère, la quantité de fonte avec laquelle on doit former le masset. Le métal, en fondant peu à peu, continue à s'affiner en passant devant la tuyère, et arrive enfin au fond du creuset où il forme un commencement de masset, en forme de gâteau, que l'on retire, et avec lui une certaine quantité de la fonte qui se trouvait au fond du creuset. On recommence alors la même opération sur une autre portion de fonte destinée à former un nouveau masset; mais pendant que celle-ci se fond et coule peu à peu au fond du creuset, on place au-dessus le gâteau obtenu précédemment, qui continue à s'affiner en perdant une portion de son métal qui coule dans le creuset et va se joindre au second gâteau; au bout de quelque temps, le masset, suffisamment affiné, est retiré et mis de côté. On continue de la même manière, jusqu'à ce qu'on ait converti en massets toute la fonte qui avait été retirée du creuset, ainsi que celle qui y était restée, et dont chaque gâteau emporte une portion. Un masset pèse environ 50 à 60 livres (17 à 20 k.); sa formation dure ½ d'heure : on en fait 14 à 15 par opération.

La conversion des 1000 livres de fonte en massets dure moyennement de 7 à 8 heures, mais quelquefois elle exige 10 et même 12 heures, quand on opère sur des fontes plus difficiles à affiner. Cette opération qui, ainsi que je l'ai dit, a été commencée par les affineurs (*putelli*), est terminée par les forgeurs (*lavoranti*) qui relèvent les premiers au milieu du travail. Pendant tout

ce temps, on n'ajoute rien dans le creuset; ce n'est que plus tard, pendant l'affinage des massets, que l'on fait de temps en temps des additions de scories riches.

2° *Affinage et forgeage.* — Chaque loupe est ordinairement le résultat de l'affinage de deux massets : l'un des deux se place sur le charbon près du contre-vent, et l'autre à côté du creuset où il s'échauffe pendant que le premier s'élabore, ce qui a lieu pendant le forgeage et l'étirage du fer provenant du dernier masset de l'opération précédente; pendant ce temps, l'ouvier n'a d'autre soin à avoir que de maintenir la circulation du vent autour du masset, de remplir le creuset de charbons, d'y jeter de temps en temps des scories riches, et de percer pour faire écouler celles qui se forment. Quand le masset est descendu au fond du creuset, on approche vers la face de contre-vent le second qui, pendant ce temps, s'est échauffé jusqu'au rouge, et on le fait descendre comme le premier. Lorsque par la réunion de ces deux massets on sent la loupe formée au fond du creuset, on la retire et on la porte sous le marteau; on la forge ensuite et on l'étire aux dimensions voulues, pendant l'affinage de deux autres massets.

La durée de cette opération est ordinairement de 2 heures $\frac{1}{2}$; mais ce temps est variable avec l'échantillon du fer que l'on veut fabriquer, ce qui règle la durée du forgeage; car il serait facile d'accélérer l'affinage, en présentant de temps en temps le masset à la tuyère. L'affinage complet de 1000 livres de fonte dure généralement moins de 24 heures; et comme il n'est pas nécessaire que la seconde partie du travail suive immédia-

tement la première, il arrive quelquefois, une ou deux fois par semaine, suivant l'espèce de fer qu'on fabrique, de faire une double *cotticciatura*, pour ramener le plus possible le forgeage à être fait de jour. Pour cette dernière opération le chef et le sous-chef forgeur se relèvent alternativement, et sont constamment aidés du garçon qui se repose pendant la première partie du travail.

La fonte éprouve moyennement, pour être convertie en fer forgé, un déchet de 25 p. 0/0 : la consommation moyenne de charbon est de 6 charges $\frac{1}{4}$ par millier (266^{k},40 par quintal métrique) de fer forgé. Ces nombres peuvent subir cependant quelques variations, suivant la qualité de la fonte et celle du charbon. On n'emploie ordinairement que du charbon de châtaignier, quelquefois de hêtre; mais le premier est celui que l'on préfère, soit parce qu'il donne du meilleur fer, soit aussi, à ce qu'il paraît, parce qu'il diminue le déchet.

Les fers fabriqués dans les forges de Toscane sont généralement de bonne qualité, d'un grain uniforme, et très-doux; toutefois la qualité de la fonte exerce quelque influence sur celle du fer qui en provient; les fontes grises et rubannées sont celles qui donnent le meilleur. Ce résultat est obtenu, comme on le voit, sans un déchet trop fort, mais avec une consommation de combustible assez élevée. Sous ce point de vue, la méthode que l'on suit pourrait être améliorée; car un essai fait il y a peu de temps à Follonica, sur environ 1200 liv. (415 kil.) de fonte, a donné, en faisant suivre aux ouvriers la méthode usitée en Bourgogne et en Champagne, un bon fer avec un déchet de 18 $\frac{1}{2}$ p. 0/0 seulement. La consomma-

tion en charbon s'éleva, il est vrai, à 8 charges par millier de fer (3400 pour 1000); mais cela n'est pas étonnant avec des ouvriers à qui l'on faisait suivre pour la première fois une méthode différente de celle qu'ils étaient habitués à pratiquer.

La lenteur de la fabrication dans les forges toscanes est un point remarquable; car une opération qui exige de 20 à 22 heures, ne produit que 600 à 750 livres (207 à 258 kil.). On compte généralement 25 à 26 milliers, (8625 à 8970 kil.) pour la production mensuelle d'un feu qui n'a pas de chômage extraordinaire, ce qui ne donne guère plus de 20 quint. métr. par semaine. Ce résultat est dû en grande partie à la lenteur du forgeage; et il est évident que, sans rien changer à la méthode, il serait facile de l'accélérer en ayant une forge composée de trois feux desservis par deux marteaux.

J'ai déjà eu occasion de dire, dans le commencement de cette notice, que les usines où l'on fabrique la fonte n'affinent qu'une très-faible portion de leurs produits. La majeure partie est vendue soit à l'intérieur, soit à l'extérieur, au prix de 41 lires le millier (99 fr. 83 la tonne) pour les nationaux, et 48 lires (116 fr. 87 la tonne) pour les étrangers. Le prix du fer forgé dans les usines du grand-duc est, pour le gros fer 17 lires et 1 paul les 100 livres (43 fr. 01 les 100 kilog.), et pour le fer de petit échantillon, de 20 à 23 lires (48 fr. 70 à 56 fr. les 100 kil.). Ces prix sont une limite supérieure que ne doit certainement pas atteindre le prix de revient.

DE LA POSSIBILITÉ DE TRAITER AVANTAGEUSEMENT LE MINERAI DE L'ILE D'ELBE DANS DES HAUTS-FOURNEAUX EN CORSE.

Le but de la visite que j'ai faite des usines à fer de Toscane étant de reconnaître si les circonstances dans lesquelles elles sont placées ne pourraient pas se trouver réunies en Corse, je crois utile de consigner ici quelques considérations sur la possibilité de traiter avantageusement dans cette île, à l'aide de hauts-fourneaux, le minerai de l'île d'Elbe.

La Corse possède de nombreuses et belles forêts, une grande quantité de cours d'eau, qui sans être très-volumineux sont très-rapides, ce qui permet d'obtenir à peu de frais des chutes, sinon abondantes, au moins d'une grande hauteur et par conséquent puissantes. Outre les forêts dans lesquelles les essences de bois dominantes sont le pin, le chêne et le hêtre, on rencontre également en Corse des bois, appelés makis, composés d'arbustes tels que le myrte et l'arbousier qui acquièrent dans ce pays un développement considérable : le tronc atteint quelquefois un diamètre de 15 et 20 centimètres, et la hauteur s'élève souvent jusqu'à 4 et 5 mètres. Le bois dominant dans les forêts de la Corse est le pin : les forêts de chêne sont en petit nombre et peu considérables ; quant au hêtre, il ne se trouve que dans les parties froides et les plus élevées de l'île, et par conséquent loin de la mer. Ainsi donc, une usine destinée à être alimentée par un minerai venant de l'extérieur et à exporter ses produits, qui devrait être nécessairement construite près du rivage, ne pourrait employer pour combustible que du charbon fourni principalement par des bois de pin, et par

conséquent du bois léger : mais si l'emploi des charbons durs est plus avantageux en ce qu'il permet d'accélérer considérablement la production, il est cependant hors de doute qu'on pourra obtenir avec du charbon de pin des résultats remarquables bien qu'inférieurs à ceux que donneraient les charbons de chêne; il conviendra, dans ce cas, de donner une plus grande hauteur au fourneau. Il est bon d'ajouter toutefois que les makis pourront fournir, et, dans certaines localités, en assez grande quantité, des charbons très-compactes que l'on pourra employer avantageusement comme on le fait en Toscane où on les mélange avec ceux de chêne blanc et vert (1).

La possibilité d'établir en Corse des usines à fer analogues à celles de Toscane est donc certaine; il reste à examiner quelle devra être la composition de ces usines pour donner le résultat le plus avantageux. Le minerai de l'île d'Elbe que l'on devra employer est plus propre, à cause de sa fusibilité, à fournir des fontes blanches et truitées pour forge, que des fontes grises pour moulerie : on ne peut parvenir à obtenir ces dernières qu'aux dépens du déchet, de la consommation de combustible et de la production journalière; aussi ne doit-on chercher à les produire que lorsque l'usine se trouve placée dans des circonstances particulières, telles que celles qui se trouvent réunies en Toscane où le travail est conduit de manière à obtenir des

---

(1) On construit actuellement à Solenzara (commune de Sari, arrondissement de Sartène), sur la rivière de ce nom, une usine qui sera composée de deux hauts-fourneaux, et qui sera alimentée exclusivement par les charbons que fourniront les makis qui se trouvent en grande quantité dans les environs.

produits qui dispensent de recourir aux fourneaux étrangers : mais la Corse est loin de se trouver dans cette position. Les usines d'Alais, dans le département du Gard, qui vont bientôt se trouver en quelque sorte sur le rivage de la Méditerranée, par suite de l'exécution du chemin de fer déjà commencé d'Alais à Beaucaire, fournissent de très-belles fontes grises, fort propres au moulage, et qui, par leur mélange avec les fontes provenant du minerai de l'île d'Elbe, donneraient incontestablement d'excellents produits (1). Je pense donc qu'on ne devrait chercher dans les hauts-fourneaux établis en Corse qu'à obtenir de la fonte de forge. Outre les avantages qui en résulteraient sous le rapport de la consommation du minerai et du combustible et de la rapidité de la fabrication, le travail des fourneaux, étant plus approprié à la nature du minerai, serait plus facile et l'allure plus régulière.

Les procédés que l'on pourrait suivre pour transformer en fer forgé la grande quantité de fonte que produiraient ces hauts-fourneaux, sont l'affinage au charbon de bois, et l'affinage à la houille d'après la méthode champenoise, décrit par M. Guenyveau dans les *Annales des Mines* (tome XII, 3e série). Le choix entre ces deux

---

(1) Il y a quelque temps que l'on expédia à Marseille une certaine quantité de fonte de Follonica : cette fonte, ayant été jugée impropre à une seconde fusion, n'a pu être vendue que comme fonte de forge à un prix voisin de 18 fr. les 100 kilog. Elle a été, en grande partie, achetée par les usines d'Alais, où on l'a traitée concurremment avec les fontes au coke ; mais j'ignore si c'est pour en fabriquer des objets moulés de deuxième fusion, ou pour la convertir en fer forgé.

procédés doit être déterminé par quelques circonstances particulières, notamment par la qualité du fer qu'on voudra produire. L'affinage au charbon de bois, par la méthode italienne, produit un excellent fer; mais il présente l'inconvénient d'une assez grande consommation de charbon (266 pour 100 de fer; d'après M. Karsten, elle n'est en Prusse que de 13 mèt. cub. ou 2028$^{k.}$ pour 1000k.), et surtout celui d'une extrême lenteur, puisque la production n'est que de 8.800 kilog. par mois pour chaque feu. Ainsi une usine, composée de deux hauts-fourneaux de $8^{m},00$ à $8^{m},50$ de hauteur, travaillant huit mois par an et produisant chacun moyennement 13 tonnes par jour, soit 6,240 tonnes par an, correspondant à 4,680 tonnes de fer forgé, exigerait, pour l'affinage de cette grande quantité de fonte, la construction de 66 feux d'affinerie, donnant chacun 705 quintaux métriques par an, et par conséquent une dépense hors de proportion avec le résultat obtenu, et l'emploi d'un personnel énorme.

L'affinage champenois est bien inférieur au précédent sous le rapport de la qualité du fer produit, surtout quand on opère sur de bonnes fontes, telles que celles que fournit le minerai traité en Toscane; mais, d'un autre côté, il présente un grand avantage pour la rapidité de la fabrication, puisqu'un four à deux portes, occupant 10 ouvriers, peut traiter en 24 heures plus de 4,000 kilog. de fonte, environ douze fois autant que les feux d'affinerie au bois. Il est vrai que le procédé italien pourrait être certainement amélioré sans nuire à la qualité du fer; mais si l'on considère que les fers de qualité moyenne, tels que ceux produits par l'affinage champenois, sont le plus

généralement demandés dans le commerce; qu'une usine, pour affiner d'après cette méthode les fontes fabriquées en Corse, pourrait être placée sur un point du littoral français, dans le département des Bouches-du-Rhône, où les houilles d'Alais ou de Rive-de-Gier pourraient arriver à moins de 35 fr. la tonne (en Champagne elles coûtent 65 et 70 fr.: voir le mémoire de M. Guenyveau), et qu'une consommation de 2.664 kilog. de charbon, représentant, à un prix moyen de 4 fr. le quint. métr., une valeur de 106 fr. 50 c., serait remplacée par celle de 1.500 kilogr. de houille, valant 52 fr. 50 c., ce qui réaliserait une économie de 54 fr. par tonne de fer forgé, et en même temps laisserait disponible, pour la fabrication de la fonte, une quantité considérable de combustible végétal; si, d'un autre côté, l'on réfléchit qu'une usine construite sur le continent français pourrait travailler toute l'année, parce qu'on n'aurait pas à y craindre les fièvres qui règnent en été sur plusieurs points du littoral corse, et qu'ainsi la production serait encore augmentée sans accroissement du capital déboursé pour la construction de l'usine, on n'hésitera pas à donner la préférence à l'affinage à la houille.

Toutefois, comme les fontes que l'on obtient avec les minerais de l'île d'Elbe donneraient facilement, à l'affinage au bois, du fer d'excellente qualité, qui se vendrait avantageusement, peut-être serait-il convenable de joindre à la construction des hauts-fourneaux celle de quelques feux d'affinage. Dans ce cas, je croirais suffisant, dans une usine possédant deux hauts-fourneaux, de construire trois feux d'affinerie, desservis par

deux marteaux, dont l'un gros, pour le cinglage des loupes; et l'autre, plus petit, pour l'étirage du fer. La fonte qui ne serait pas affinée sur place, serait transportée sur le continent français pour y être affinée à la houille dans une usine champenoise, ou bien pour y être mélangée avec les fontes d'Alais, et être ensuite employée à la fabrication d'objets moulés en seconde fusion.

Je vais rechercher quel pourrait être, dans ce cas, le prix de revient de la fonte et du fer.

La construction d'une usine composée de deux hauts-fourneaux et de trois feux d'affinerie, peut être évaluée approximativement à 250.000 fr., savoir :

Pour deux hauts-fourneaux. . .	100.000 fr.
trois feux d'affinerie. . . .	45.000
cinq fours de grillage. . .	10.000
machine soufflante. . . .	50.000
frais divers, prises d'eau, etc.	45.000
	250.000

dont l'intérêt à 5 p. % est de 12.500 fr. Cette usine pourrait fabriquer annuellement 6,240 tonnes de fonte, en travaillant huit mois par an, l'insalubrité de la plupart des points du rivage de la Corse faisant craindre l'impossibilité d'y séjourner toute l'année. Trois feux d'affinerie, desservis par deux marteaux, pourraient fabriquer un peu plus rapidement qu'on ne le fait actuellement; on peut évaluer leur production moyenne à dix tonnes par mois, soit pour les trois et pour huit mois 240 tonnes de fer forgé, et leur consommation à 320 tonnes de fonte: il en resterait donc 5,920 tonnes pour être livrées au commerce.

Le prix du charbon peut être évalué à 4 fr. le

quintal métrique. Sur les forges actuelles où l'on n'emploie, il est vrai, que des châtaigniers qui ne peuvent plus porter de fruits, le prix moyen est de 2 fr. 60. A Solenzara, dans la nouvelle usine actuellement en construction, ce prix a été évalué à 3 fr. 75, et il est certainement probable qu'on pourrait obtenir le même résultat sur d'autres points de l'île.

Le minerai coûte à l'île d'Elbe, pris à la marine de Rio, 2 fr. 58 le quintal métrique pour les étrangers. Le transport par mer coûte moyennement 1 fr., et en ajoutant 8 c. de droit de douane, cela porte à 3 fr. 66 c. le prix du quintal métrique, rendu à l'usine. Faisons observer cependant qu'il ne serait peut-être pas impossible d'obtenir le minerai au même prix que les nationaux, c'est-à-dire à 92 c. de moins, le gouvernement toscan paraissant décidé à reconnaître ainsi le service que l'on rendrait aux mines en leur ouvrant un nouveau débouché par la construction de plusieurs hauts-fourneaux en Corse.

Le personnel d'une usine composée comme je l'ai dit plus haut, devrait être :

1° Pour le four de grillage, 20 ouvriers payés moyennement 35 fr. par mois, ce qui fait, pour les 20, par an, 5.600 fr.

2° pour le haut-fourneau :

2 ouvriers fondeurs à	80 fr. par mois.	160 fr.
2 aides	50 fr. *id.*	100 fr.
2 chargeurs	50 fr. *id.*	100 fr.
2 aides.	40 fr. *id.*	80 fr.
2 laveurs de laitiers.	30 fr. *id.*	60 fr.
	Total par mois	460 fr.

pour chaque fourneau ; pour les deux 920 fr. ; et pour l'année 7.360 fr.

3° Pour les trois feux d'affinerie, 12 ouvriers payés à raison de 2 fr. 70 c. par quintal métrique de fer forgé.

En partant de ces bases, le calcul suivant établit le prix des produits vendables :

1° *Pour la fonte.*

	fr. c.
Le minerai rendant 58 p. o/o, pour obtenir un quintal de fonte, il en faut 1q.,72 à 3fr.,66.	6,30
La consommation en charbon, y compris celui employé pour le grillage, ne s'élèvera pas au delà de 1,10 pour 1 de fonte, surtout si les fourneaux marchent à l'air chaud, ce qui fait au prix de 4 fr. le quintal métrique.	4,40
Castine 0q.,10 à 1fr.,50 le quintal. . .	0,15
Ouvriers du haut-fourneau, 7.360 fr. par an pour 62.400 q. m., ci par quintal métrique.	0,12
Ouvriers des fours de grillage, 5.600 fr.	0,09
Total.	11,06

2° *Pour le fer forgé.*

En admettant un déchet de 35 p. o/o, un quintal métrique de fer forgé exigera 1q.,33 de fonte à 11fr.,06, ci. . . .	14,71
La consommation en charbon est de 266 pour 100 de fer, à 4 fr. le quintal métrique.	10,64
Ouvriers forgerons à 2fr.,70 par quintal, ci.	2,70
Total.	28,05

	fr
A ces prix il faut ajouter l'intérêt de la valeur de l'établissement.	12.500
L'intérêt à 6 p. 0/0 d'un fonds de roulement de 300.000 fr.	18.000
Frais de régie et de bureau.	10.000
Entretien de l'usine, etc.	20.000
Total.	60.500

Cette somme, partagée entre la fonte et le fer proportionnellement à la valeur de ces produits, donne 54.852 fr. à ajouter au prix de revient de 5.920 tonnes de fonte, soit par quintal 93 c., et 5.648 fr. à celui de 240 tonnes de fer, soit par quintal $2^{fr.},35$, ce qui porte en somme le prix du quintal métrique de fonte à $11^{fr.},99$, et celui du quint. métrique de fer à $30^{fr.},40$. Remarquons que ce dernier prix est celui que l'on obtiendrait si l'on suivait la méthode italienne, mais il serait facile de la modifier de manière à ne consommer que 2 de charbon pour 1 de fer, et l'on pourrait certainement réduire le salaire des forgerons à 2 fr. comme il est en France, ou au moins à $2^{fr.},20$, ce qui abaisserait le prix de revient du quintal de fer de $3^{fr},14$ et le réduirait à $27^{fr.},26$.

Faisons observer enfin qu'une usine catalane, construite comme celles des Pyrénées, et placée dans les conditions précédentes, ne pourrait pas fabriquer le fer à moins de $32^{fr.},83$ en supposant au minerai un rendement de 35 p. 0/0, une consommation de 3 de charbon pour 1 de fer, et une production de 1.056 quint. mét. par feu, en huit mois de travail, savoir :

		fr. c.
Minerai 3 q. m. à 3fr.,66.		10,98
Charbon 3 q. m. à 4 fr.		12,00
6 ouvriers à 580 fr. par mois, ci par quintal.		4,42
Intérêt de la valeur de l'usine 30.000 fr. à 5 p. 0/0.	1.500 fr.	
Intérêt à 6 p. 0/0 d'un fonds de roulement de 30.000 francs.	1,800	
Salaire d'un commis et entretien.	2.400	
Total	5.700 par q. m.	5,43
Total comme ci-dessus		32,83

La fabrication par le moyen de la fusion des minerais dans le haut-fourneau, sera donc toujours plus avantageuse que le traitement direct du minerai dans les petits foyers, même en affinant la fonte par la méthode italienne; à plus forte raison le sera-t-elle si on perfectionne l'affinage au bois, et surtout si on lui substitue l'affinage à la houille.

En terminant, il ne sera pas inutile de dire un mot de l'avenir réservé aux forges actuellement en activité en Corse. Sans aucun doute, ces établissements, où le prix de revient du fer forgé s'élève en moyenne à 46 fr., ne pourraient soutenir la concurrence avec les nouvelles usines que l'on créerait, et se verraient dans la nécessité de fermer ou de modifier leur méthode de fabrication. Ce dernier parti paraît le plus naturel et son adoption ne présente heureusement aucune difficulté. Les forges corses se trouvent toutes placées dans les mêmes circonstances locales que les forges italiennes, c'est-à-dire dans des cantons couverts de châtaigniers dont le bois fournit exclusivement le charbon qu'elles con-

somment. Ce charbon est, comme l'on sait, celui que l'on préfère en Toscane et qui donne le meilleur fer à l'affinage; d'un autre côté, la transformation d'une forge corse en forge italienne n'exigerait qu'une dépense minime, celle de la construction d'un creuset. Les nouvelles forges ainsi établies, pouvant disposer d'un marteau par feu, pourraient sans doute produire un peu plus rapidement qu'on ne le fait en Toscane. Dans tous les cas, la consommation de charbon (2.700 quint. mét.) que l'on y fait actuellement pour produire 300 q. m. de fer, suffirait pour la fabrication de plus de 1000 quint. métriques, plus du triple. Le prix du combustible sur ces forges n'est que de 2fr,60; le prix de revient du fer, au lieu de 36fr.,40 comme nous l'avons établi plus haut, n'y serait donc plus que de 26fr.,70. Ajoutons enfin que le changement proposé n'offrirait pas de plus grandes difficultés sous le rapport des ouvriers, car les propriétaires de forges, obligés d'aller chaque année engager leurs forgerons en Toscane, trouveraient tout aussi facilement dans les environs de Pistoie des ouvriers qui, au lieu de traiter le minerai, traiteraient la fonte fabriquée en Corse de même qu'ils traitent celle qui leur arrive des fourneaux de Follonica et de Cécina.

Il n'est donc nullement à craindre que l'établissement de hauts-fourneaux en Corse soit une cause de ruine pour les forges qui existent dans ce département: elles en retireront, au contraire, un grand profit, puisqu'avec la même consommation de charbon elles pourront parvenir à fabriquer une plus grande quantité de fer et à meilleur marché.

N. B. Voyez, pour les fourneaux de grillage et les hauts-fourneaux des usines de Follonica et de Cécina, les Pl. 1 et 2.

MÉMOIRE

Sur l'emploi de l'air chaud, pour le traitement du fer, dans les usines royales de la Haute-Silésie (1);

Par M. LE CHATELIER, Élève-Ingénieur des mines.

INTRODUCTION.

La Haute-Silésie est un des pays qui présentent le plus d'intérêt et de facilité pour l'étude au mineur et au métallurgiste. Ses exploitations et ses usines nombreuses et variées sont concentrées, au sud de la petite ville d'Oppeln, dans un rayon de 20 à 30 lieues; dans un cercle de 4 lieues de rayon seulement, on trouve l'usine à plomb de Friederichshütte, les mines des environs de Tarnowitz, les usines à fer de Kœnigshütte, Gleiwitz, etc., les mines de houille qui les alimentent, et enfin la plupart des usines à zinc du pays.

La richesse minérale de la Haute-Silésie est immense; elle se compose de nombreuses couches de houille dont l'épaisseur va quelquefois jusqu'à 5 et 6 mètres sans milieu stérile, et qui n'ont été exploitées jusqu'ici que sur les affleurements, d'un gîte abondant de galène argentifère, de dépôts de

(1) Les mesures indiquées, dans le cours de ce mémoire, sont les mesures légales de Prusse:
1 thaler = 30 silbergros = 3 fr. 75 c. au cours de 1838
1 silbergros = 12 pfennings.
1 quintal = 110 livres = $51^{kil.}$,580.
1 pied = 12 pouces = 0^{m},3138.
1 tonne = 7 $\frac{1}{9}$ pieds cubes = $2^{hectol.}$,230.

minerai de fer qui assurent un long avenir à ses forges, et de dépôts de calamine qui, en 1828, fournissaient plus des $\frac{18}{23}$ de la quantité totale de zinc produite en Europe, ou plus des $\frac{22}{23}$, en y comprenant le prolongement du gîte en Pologne. Un canal qui prend naissance dans une des principales mines du pays, et qui va se jeter dans l'Oder, des chaussées bien entretenues, assurent le débouché des produits vers les provinces du nord de la Prusse et vers la mer Baltique; enfin un chemin de fer qui reliera Breslau à Berlin, et jettera ses ramifications sur le district des mines, viendra bientôt compléter le système des voies de communication et favoriser l'élan de l'industrie silésienne.

Le développement de l'industrie du fer dans la Haute-Silésie ne remonte qu'à la fin du siècle dernier; c'est vers 1790 seulement qu'elle a commencé à prendre son essor, et depuis, par une suite de perfectionnements rapides, elle est venue se placer au niveau des industries les plus avancées. La première usine à fer a été établie en 1365, près de Tarnowitz, par un Bohémien; c'était un feu de loupe dans lequel on obtenait immédiatement le fer de ses minerais. Cette méthode fut exclusivement employée jusqu'en 1721, époque à laquelle fut construit le premier haut-fourneau, dans la même localité, près de Tarnowitz. Le fer de Silésie avait une si mauvaise renommée qu'il ne pouvait franchir les limites du pays; ce n'est qu'en 1777 qu'on envoya les premiers échantillons à Berlin, pour servir d'épreuve. Les véritables progrès des usines à fer ne datent que de l'année 1780, époque à laquelle l'administration supérieure des mines, dirigée par le comte de

Reden, prit la direction des deux seules usines royales qui existassent alors en Silésie, Kreutzburg et Malapane.

Dès cette époque, les usines royales devinrent des modèles, dont l'imitation amena le perfectionnement des usines privées. Aujourd'hui encore, elles marchent à la tête de l'industrie du pays; ce n'est que lorsqu'elles ont sanctionné par leur expérience l'utilité des nouveaux procédés, que ceux-ci passent dans la pratique et se répandent dans les autres usines.

Les usines à fer royales sont au nombre de cinq; elles ont chacune une administration ou direction particulière qui relève de l'administration générale des mines, dont le siége est à Brieg, entre Breslau et Oppeln. Ces cinq directions sont celles de Kreutzburg, de Malapane, de Kœnigshütte, de Gleiwitz et de Rybnick. Ces usines sont à peu près les seules qu'une excursion rapide de six semaines, dans la Haute-Silésie, m'ait permis de visiter en détail. Elles comprennent 2 hauts-fourneaux au charbon de bois, 5 hauts-fourneaux au coke, les seuls pour lesquels on ait jusqu'ici essayé l'emploi de l'air chaud, 24 feux d'affinerie, et une grande fonderie : ces usines occupent plus de 900 ouvriers. Dans toute la Haute-Silésie il existait, en 1836, plus de 57 hauts-fourneaux, dont 11 au coke (2 encore en construction), 220 feux d'affinerie et 61 fours à puddler; plusieurs autres hauts-fourneaux au coke étaient en construction en 1838. Les usines privées appartiennent pour la plupart à de grands propriétaires; un seul possède jusqu'à 7 hauts-fourneaux. La production totale a été, en 1836, en quintaux de Prusse de 110 livres :

Fonte.522.625quintaux. { 60.504 quint. d'objets moulés. 462.041 quint.vendus ou affinés.
Fer en barres. 278.472 quintaux.

En 1832, la production avait été :

Fonte. . . . . 460.000 quintaux.
Fer en barres. . . . . 239.500 quintaux.

Ce mémoire se divisera naturellement en 5 parties, l'emploi de l'air chaud : 1° dans les hauts-fourneaux au charbon de bois; 2° dans les hauts-fourneaux au coke; 3° dans les cubilots; 4° dans les feux d'affinerie; 5° dans les feux de forge. Après avoir résumé les effets de l'air chaud, j'indiquerai dans un dernier chapitre les autres essais tentés pour l'emploi de la vapeur d'eau, des combustibles en nature, etc. Il comprendra en outre quelques détails sur les parties du traitement du fer qui ont été changées depuis l'insertion dans les *Annales des Mines* du mémoire de M. Manès, dont celui-ci est destiné à former en quelque sorte le complément (1).

CHAPITRE PREMIER.

HAUTS-FOURNEAUX AU CHARBON DE BOIS.

Usine de Malapane. L'usine de Malapane est la plus importante des deux usines royales qui marchent au bois; c'est la première qui ait employé l'air chaud, c'est aussi la seule que nous ayons visitée; l'usine de

(1) Les renseignements relatifs à l'usine de Malapane ont été en grande partie extraits des Archives de Karsten ; j'ai recueilli le reste sur les lieux ; pour les autres usines ils m'ont été fournis par les directeurs qui ont mis la plus grande obligeance à me les communiquer et à me faciliter la visite des établissements.

Kreutzburg n'en diffère pas essentiellement, et a donné les mêmes résultats pour l'emploi de ce nouveau procédé : il n'en sera pas question dans ce chapitre.

Disposition de l'usine.

L'usine de Malapane est située sur la rivière du même nom, qui lui fournit la force motrice nécessaire; elle est placée au milieu d'une plaine couverte de forêts de sapins, à 6 lieues d'Oppeln. Elle se compose d'un haut-fourneau, alimenté par une machine soufflante à double effet et à deux cylindres, de 4 feux d'affinerie, d'un atelier de moulage en première fusion et d'un atelier d'ajustage. Elle occupe actuellement 30 mouleurs. Ses produits sont d'une qualité supérieure.

Des minerais et du combustible.

On fond à l'usine de Malapane deux sortes de minerais : un fer hydraté oxidé, terreux et un fer carbonaté en rognons. Le premier forme, à la surface du muschelkalk, des amas irréguliers, contemporains du dépôt de calamine et du dépôt de dolomie, qui renferme la galène argentifère; le minerai de fer se ressent du voisinage de la calamine, il est toujours plus ou moins zincifère. Le minerai de fer carbonaté (sphœrosidérite) se trouve dans une argile sableuse régulièrement stratifiée; quelques personnes lui attribuent une origine très-moderne, ne remontant qu'à la grande alluvion qui a nivelé les plaines de la Prusse orientale et de la Pologne, mais il paraît qu'on doit plutôt rapporter cette formation au grès vert; elle paraît intercalée entre le terrain jurassique de la Pologne et quelques lambeaux de craie, très-bien caractérisée par ses fossiles. Ce minerai carbonaté est compacte, présentant presque toujours des septaria tapissés de petits cristaux; par l'exposition à l'air et à

la gelée, l'argile qui empâte les rognons se détache parfaitement, et la surface reste bien nètte avec sa forme tuberculeuse très-prononcée.

Le minerai de fer carbonaté (et celui des houillères qui est employé dans les usines à coke), porte le nom d'*Eisenstein*; on cherche toujours à l'introduire en proportion assez notable dans les charges, pour les rendre poreuses et faciliter la circulation de l'air dans la cuve. Pour le fer carbonaté de Malapane on est limité dans la proportion par sa nature, qui le rend propre à la fabrication du fer et de l'acier plutôt qu'à celle de la fonte de moulage. On le soumet à un grillage ou plutôt à une calcination préalable; on en fait des tas, en le mélangeant avec du menu charbon, on y met le feu et on l'abandonne à lui-même. Cette opération a pour but de le rendre plus facile à casser; on le réduit, avant de le charger, en morceaux de la grosseur du poing.

Le charbon employé est celui de pinastre et de pin rouge; ce sont les essences désignées par les noms allemands Kiefer (*pinus sylvestris*) et Fichte (*pinus picea*). La carbonisation se fait en meules à bûches verticales, de 60 à 65 mètres cubes. On charge dans le haut-fourneau un mélange d'environ $\frac{2}{3}$ de charbon de pinastre et $\frac{1}{3}$ de charbon de pin rouge. A l'usine on admet que le pied cube du mélange, tel qu'on le charge dans le haut-fourneau, pèse 11 livres.

Du haut-fourneau.

Le haut-fourneau de Malapane a 28 pieds $\frac{1}{2}$ de hauteur; la cuve et les étalages sont en briques réfractaires; l'ouvrage et le creuset sont en argile battue (*masse*); la tympe et les deux faces de l'avant-creuset sont seules formées par des pierres de grès réfractaire. La masse, qui forme le creuset

et l'ouvrage, se compose d'un mélange d'argile crue et d'argile cuite ou de briques réfractaires pilées ($\frac{1}{3}$ d'argile crue et $\frac{2}{3}$ de briques).

La description de ces creusets, dont l'usage est maintenant général en Silésie, a déjà été donnée dans plusieurs ouvrages; depuis qu'on emploie l'air chaud, ils n'ont pas cessé de maintenir leur supériorité sur les anciens creusets.

Le haut-fourneau de Malapane, destiné à la fabrication de la fonte de moulage de première fusion, est pourvu d'un creuset puisard placé sur le côté de l'avant-foyer. Cette disposition, que M. Gruner a fait connaître dans une note insérée dans les *Annales des Mines*, continue toujours à être très-avantageuse, maintenant surtout que le fourneau marche à l'air chaud.

Les dimensions actuelles du haut-fourneau sont:

	Pieds.	Pouces.
Hauteur du creuset.	1	3
» de l'ouvrage.	4	3
» des étalages.	4	»
» de la cuve.	19	»
» totale.	28	6
Largeur à la sole.	1	4
» à la hauteur des tuyères.	1	6
» à la naissance des étalages.	2	2
» au ventre.	7	4
» au gueulard.	3	6
Inclinaison des étalages.	55°	
Longueur totale du creuset et de l'avant-creuset.	5	6
Hauteur de la tympe au-dessus de la sole.	1	3
» de la dame.	1	2 $\frac{1}{2}$.
Diamètre de la base inférieure du creuset puisard.	»	9
Diamètre de la base supérieure.	1	»
Distance de son axe à l'axe du fourneau.	2	3 $\frac{1}{2}$
Hauteur.	1	3
Largeur du canal.	»	4

Les deux tuyères sont en cuivre, de forme demi-conique; elles ne sont pas en face l'une de l'autre : elles sont l'une en avant, l'autre en arrière d'un pouce ½ de l'axe du fourneau; leurs axes sont horizontaux et parallèles.

L'appareil à élever les charges est mis en mouvement par une roue hydraulique particulière; il se compose de deux plateaux suspendus aux deux extrémités d'une corde, et sur lesquels on charge alternativement les bacs qui renferment le minerai, la castine et le charbon.

Nature des produits. Le haut-fourneau de Malapane marche presque constamment en fonte de moulage, quelquefois il fabrique de la fonte d'affinage pour fer aciérin propre à la fabrication des armes. La fonte de moulage fabriquée à l'air froid est grise, assez graphiteuse; une allure trop chaude la surcharge de graphite et la rend impropre au moulage. Les laitiers ordinaires sont d'un vert clair, visqueux, d'une cohésion comparable à celle de la pâte de pain qu'on pétrit; ils ne coulent pas par dessus la dame, il faut les tirer hors de l'avant-creuset avec un ringard à crochet. Lorsque l'allure est trop chaude, cette espèce de pâte devient trop courte, il faut la haler jusqu'au fond du creuset. Par le refroidissement, ils prennent une couleur d'un vert blanchâtre, ils se boursouflent et présentent l'aspect de la ponce. Par une allure crue, la fonte est souvent peu fluide, elle se prend rapidement dans les moules, elle est aigre et impropre au moulage; les laitiers renferment beaucoup de fer en combinaison, ils sont noirs, poreux, et retiennent des grenailles de fonte et des fragments de minerai empâtés. Depuis qu'on emploie l'air chaud, la fonte, par une bonne allure, prend

plus de liquidité, sans devenir plus graphiteuse; son grain est fin sans graphite apparent. Elle est très-tenace : les objets moulés ont une surface bien unie, et l'on peut mouler dans le sol de l'atelier, dans des moules découverts, des plaques bien plus minces. Par une allure chaude renforcée, la fonte devient graphiteuse, mais moins que la fonte à l'air froid dans les mêmes circonstances; sa surface reste toujours nette. La combinaison du carbone paraît plus intime dans la fonte à l'air chaud. Les laitiers deviennent plus fluides et ne retiennent plus de grenailles. Par une surcharge de minerai, la fonte devient d'un blanc d'argent, elle présente des facettes miroitantes, elle conserve seulement une liquidité et une ténacité qu'elle n'avait pas à l'air froid. Dans tous les cas, qu'elle soit fabriquée à l'air froid ou à l'air chaud, la fonte de Malapane a toujours une grande supériorité, surtout pour sa tenacité qui est réellement remarquable. Elle sert à fabriquer des poteries, des tuyaux de conduite, des pièces de machines, etc.

Emploi de l'air chaud.

Les essais pour la substitution de l'air chaud à l'air froid ont été entrepris, pour la première fois en Silésie, dans l'usine de Malapane, par les ordres de l'administration supérieure des mines; ils ont commencé solennellement le 7 mars 1834 à midi.

Appareil à chauffer l'air.

Quoiqu'à cette époque on admît en Silésie que l'appareil de Wasserhalfingen était celui qui présentait le plus de simplicité, on essaya de mieux faire encore, et on imagina un appareil dont malheureusement le principe et la construction étaient vicieux, et qu'il fallut changer après quelques campagnes. Cet appareil qui devait être chauffé par

la flamme perdue qui s'échappe du gueulard, se composait essentiellement de 2 anneaux cylindriques à génératrice rectangulaire, qui étaient engagés dans la maçonnerie de la cuve, à une petite profondeur au-dessous du gueulard; leur face intérieure se raccordait avec la paroi de la cuve dont ils faisaient partie intégrante. L'air, amené de la machine soufflante par un tuyau en fonte, circulait dans l'anneau inférieur, et, après avoir parcouru la circonférence entière, passait dans l'anneau supérieur, d'où il redescendait par un tuyau engagé dans la maçonnerie du massif. Les défauts nombreux de cet appareil ne tardèrent pas à se faire reconnaître. Pendant une marche à l'air froid de 15 semaines, qui avait précédé les essais, l'appareil avait été soumis à des dilatations et à des contractions successives, qui se répétaient à chaque charge de charbon et de minerai humide; il perdait déjà l'air avant d'avoir commencé à servir; par sa position même, la réparation des joints ne pouvait être que très-difficile et incomplète. Indépendamment de cela, cet appareil ne pouvait pas donner une température suffisante; après quelques heures de marche à l'air chaud, la température s'était bien élevée, il est vrai, à 210° et 220° R. à la sortie de l'appareil, à 190° R. sur la tuyère droite à laquelle aboutissait immédiatement la conduite descendante, et à 135° sur la tuyère gauche; mais plusieurs causes dont les effets étaient inévitables, abaissèrent rapidement cette température. Le passage de l'air froid à travers la maçonnerie fortement échauffée, la concentration de la chaleur dans les parties inférieures du fourneau, et par suite la diminution de chaleur au gueulard, le dépôt des cadmies, etc., devaient

produire un refroidissement très-grand. Après 10 heures de marche, la température de l'air n'était plus au gueulard que de. . . 105° à 110° R.
à la tuyère droite. . . . 105°.
à la tuyère gauche. . . 90°.
Au bout de deux jours enfin elle était descendue
à . . . . 90° au gueulard.
à. . . . . . . 105° à la tuyère droite.
à. . . . . . . 90° à la tuyère gauche.

L'air empruntait au massif la chaleur qu'il n'avait pas pu prendre au gueulard; cela dura ainsi huit semaines. La température de l'air aux deux tuyères présentait toujours une différence de 15° à 20°. On parvint à réduire cette différence en fermant par les deux extrémités la voûte qui servait de passage à la conduite. Pendant quinze jours à trois semaines, après cette période de deux mois, la température remonta au gueulard à. . . . 140°.
à la tuyère droite à.. 141°.
à la tuyère gauche à. 128°.
Cette variation fut due à la substitution presque complète du minerai carbonaté compacte et grillé au minerai hydraté terreux et humide que l'on avait chargé jusque là en grande quantité. La conséquence naturelle de ce changement devait être un refroidissement moins grand des gaz, une élévation de température qui détermina la volatilisation complète des cadmies attachées sur l'anneau inférieur de l'appareil, et par suite l'échauffement plus complet de l'air qui le traversait.

La position de cet appareil n'était pas seulement vicieuse pour les causes de dégradation et de refroidissement auxquelles il était soumis; elle l'était encore plus parce qu'elle avait été choisie

de manière à utiliser seulement la chaleur enlevée par les gaz à la masse contenue dans le fourneau, et non pas la chaleur développée par la combustion de ces gaz lorsqu'ils viennent se mêler à l'air atmosphérique; chaleur qui certainement forme la portion la plus importante de celle qu'on peut utiliser au gueulard. Enfin il présentait un dernier inconvénient très-grave; sa disposition ne permettait pas de régler la température de l'air, de l'augmenter ou de la diminuer à volonté, ce qui dans certains cas est de la dernière importance pour régler la marche du fourneau.

Pendant le reste de la campagne la température éprouva les mêmes variations, la moyenne fut d'environ 120° R.

La mise hors eut lieu le 4 octobre 1834, après 45 semaines de roulement dont 15 à l'air froid et 30 à l'air chaud. On a renoncé à cet appareil, et depuis on l'a remplacé par celui que l'on connaît généralement sous le nom d'*appareil de Calder*, et qui se trouve décrit dans le mémoire de M. Dufrénoy, sur l'emploi de l'air chaud dans les usines de l'Angleterre et de l'Écosse. Cet appareil est placé sur le bord du gueulard; il est enveloppé d'un massif en briques, l'air y pénètre par un renard sans qu'on soit obligé de fermer le gueulard par une plaque de fonte, comme on l'a fait dans d'autres usines, et il s'échappe à la partie supérieure par deux ouvertures que l'on peut fermer avec des registres pour régler son échauffement. Cet appareil fonctionne très-bien, on pourrait même dire trop bien, car pour maintenir la température de 180° à 200° R., il faut fermer presque complétement les registres.

Les tuyaux en fonte qui forment l'appareil à chauffer l'air et la conduite sont réunis par un assemblage à moufle, et les joints sont fermés avec un mastic, composé en volume de 5 parties de fer en limaille, 1 de fleur de soufre et 2 de sel ammoniac, le tout délayé en pâte consistante avec de l'eau. L'augmentation de longueur de la conduite a été d'environ 120 pieds jusqu'à la tuyère droite; on n'a pas remarqué que dans ce circuit plus long le vent perdît en pression, et qu'il fût nécessaire de dépenser une force motrice plus considérable (bien entendu sans chauffer l'air). Les buses ont une disposition particulière; les culottes en cuir ont été supprimées, on les a remplacées par un large tuyau en fonte, dans lequel est engagé un tube de fonte de même axe, qu'on peut faire avancer ou reculer au moyen d'une vis de rappel; la buse se termine par un boulet creux qui s'engage exactement dans une cavité sphérique, et peut par suite prendre toutes les positions par rapport à l'axe du portevent. Cette disposition (*voir* la *Pl. III*) qui permet de régler facilement la position de la buse dans la tuyère, est générale dans les hauts-fourneaux de la Silésie qui marchent à l'air chaud. Les buses sont en fonte, elles ont conservé un diamètre de 1 pouce $\frac{1}{2}$ comme à l'air froid; on a essayé sans succès de porter le diamètre à 2 pouces, on est revenu aux anciennes dimensions.

Des tuyaux de conduite et des buses.

A l'air froid la pression était d'une livre par pouce carré; lorsque l'air est chauffé à 180° R., le diamètre des buses restant le même, la pression s'élève un peu au delà d'une livre $\frac{1}{4}$ par pouce carré. Dans le premier cas, le volume d'air lancé par la buse était de 560 pieds cubes (17,3 mètres

De la quantité de vent lancée dans le haut-fourneau.

cubes); dans le second, elle est de 717 pieds cubes d'air chaud ou 470 pieds cubes (14,5 mètres cubes) d'air froid. La diminution de la quantité de vent est $\frac{1}{6}$ de celle qu'on lançait précédemment.

Influence de l'air chaud sur la marche du fourneau.

Le haut-fourneau marchant presque toujours en fonte de moulage, on puise constamment dans l'avant-creuset; lorsque le moulage est interrompu on coule toutes les 12 heures. A l'air froid une charge de 3 quintaux $\frac{3}{4}$ de minerai hydraté mélangé avec $\frac{1}{5}$ de minerai carbonaté grillé, exigeait en moyenne 21 $\frac{2}{3}$ pieds cubes de charbon et 80 livres de castine. La richesse moyenne du minerai est de 30 $\frac{0}{0}$. Par l'emploi de l'air chauffé à la température de 180° R., on a pu réduire la charge de charbon à 16 pieds cubes, et en même temps élever la charge de minerai à 4 quintaux et même 4 quintaux $\frac{1}{4}$: la quantité de castine a pu être réduite à 70 ou 75 livres. On repasse dans les charges les débris de fonte obtenus dans le moulage, tels que pièces manquées, *etc.*; on en ajoute à peu près 10 à 20 livres par charge. Quoique la charge de charbon ait diminué, le nombre de charges n'a pas augmenté, il a plutôt diminué; néanmoins la production journalière s'est accrue, l'accroissement de la charge en minerai compense et au delà la diminution du nombre des charges. Un des premiers faits que l'on a remarqués à Malapane, comme dans toutes les usines où l'on a employé le vent chaud, c'est l'accroissement considérable de la température; tous les produits liquides sortent du fourneau dans un état plus grand de fluidité, les laitiers en particulier, quoique la suppression d'une proportion notable de castine les rende plus réfractaires.

Les tuyères qui, à l'air froid, s'obstruaient fréquemment, restent brillantes et par suite se conservent mieux; il ne s'attache plus de laitiers mal fondus, de fonte à demi affinée, qu'il fallait détacher à coups de ringard, au grand danger de la tuyère. Un signe non moins certain de la grande élévation de température produite dans les parties inférieures du fourneau, c'est la dilatation qu'a éprouvée le massif à la hauteur du ventre, dilatation qui l'a fait fendre sur tout son contour, lorsqu'on a substitué l'air chaud à l'air froid, quoiqu'il eût déjà résisté pendant 10 campagnes. Le travail du creuset, par suite de cette élévation de température, est devenu plus facile; il ne se produit plus d'engorgements, les charbons se brûlent mieux et ne sortent plus avec les laitiers. La fonte reste plus liquide dans le creuset-puisard, par suite se moule mieux, et donne moins de déchet au moulage. Les matériaux, qui composent le creuset et l'ouvrage, ne sont pas détruits plus rapidement, et l'emploi de l'air chaud n'a pas abrégé la durée des campagnes. On observe un changement non moins frappant dans les apparences que présente le gueulard; la flamme diminue de force, à tel point, dit-on, que dans les premiers temps, les ouvriers, avant d'être habitués à cet effet, craignaient de voir le fourneau s'éteindre; en même temps la partie supérieure de la cuve se refroidit considérablement. Lorsque le fourneau marchait à l'air froid, pendant la descente de la charge seulement, on pouvait facilement voir la partie incandescente de la cuve, tandis qu'à l'air chaud, en laissant descendre les charges jusqu'à 6 pieds au-dessous du gueulard, on voit que toute cette partie de la cuve est obscure et couverte de

cadmies abondantes lorsqu'on fond des minerais zincifères. Lorsqu'on échauffe l'air, ces cadmies se déposent à une plus grande profondeur; lorsqu'on rend le vent froid elles se réduisent et disparaissent en vapeurs; elles ont un mouvement qui est en relation intime avec la température de l'air, elles forment une sorte de *thermomètre* des effets de l'air chaud. Ce fait du dépôt des cadmies au gueulard a été vérifié dans les autres usines de la Silésie; il avait été constaté par M. Varin, dans les essais faits en 1832 à l'usine de la Voulte; il est très-important à enregistrer, car il fournit une preuve certaine et même une mesure de la concentration de la chaleur dans la partie inférieure du fourneau, et donne par suite la clef de tous les phénomènes observés dans les fourneaux de tout genre où l'air chaud a été substitué à l'air froid.

L'emploi de l'air chaud n'a pas seulement pour résultat avantageux l'économie de combustible et l'accroissement de production journalière, il facilite la mise en feu et la mise hors feu; le fourneau n'ayant à s'échauffer que sur une moindre hauteur, atteint plus rapidement la température à laquelle on peut mettre la charge complète. En outre, un appareil à air chaud est un instrument sûr et facile à mouvoir, au moyen duquel on peut régler l'allure du fourneau, en élevant la température lorsqu'elle est trop froide, en l'abaissant lorsqu'elle est trop chaude : c'est un remède dont les effets sont prompts et sûrs; en quelques heures on peut rétablir la marche du fourneau en faisant varier la température du vent; on peut attendre, sans interrompre quelquefois le travail d'un atelier tout entier, qu'une mo-

dification convenable des charges ait rétabli l'équilibre.

Quoique l'économie de combustible ait augmenté d'une manière notable à mesure qu'on élevait la température, on a reconnu à l'usine de Malapane qu'on était limité sous ce rapport par l'altération de la qualité de la fonte; lorsque la température est trop élevée, la fonte n'est plus aussi propre au moulage qu'autrefois; elle perd évidemment sa solidité, et l'expérience a fait voir qu'il ne fallait pas dépasser la température de 180° à 200° R. pour obtenir les résultats économiques les plus avantageux, et produire, en même temps, une fonte qui continue à répondre à toutes les exigences de la fabrication. On verra plus loin que la limite est encore plus basse pour les hauts-fourneaux au coke.

Produits et consommations

Pour terminer ce qui est relatif à l'usine de Malapane, je donnerai ci-joint un tableau des produits et consommations du haut-fourneau, pendant plusieurs campagnes, à l'air froid et à l'air chauffé à différentes températures. Ce tableau, quoique les résultats qu'il renferme soient affectés de beaucoup d'irrégularités dues aux différences de saison, de matières premières, etc., pourra néanmoins donner une idée complète des changements qui ont été introduits par l'air chaud.

	Numéro et date de la campagne.	Nombre de semaines.	Consommation totale.					Production totale.	Rendement moyen des minerais.	Température de l'air.	Une tonne de charbon a porté.				Production par semaine.	Pour 1 quintal de fonte on a consommé :			
			Minerai hydraté.	Minerai carbonaté grillé.	Débris de fonte.	Castine.	Charbon.				Minerai.	Castine.	Débris de fonte.	Total.		Minerai.	Castine.	Charbon. Une tonne pèse 9q.,70.	
			quint.	quint.	quint.	quint.	tonnes.	quint.	p. 100.	° R.	quint.	quint.	quint.	quint.		quint.	quint.	tonn.	quint.
Air froid.	Xe campagne. 1832-33 (1).	40	30.782	3.546	869	7.083	28.674	9.363	27,2	»	1,19	0,24	0,03	1,46	234,10	3,66	0,75	3,06	2,14
	XIe campagne. 1833-34 (2).	15	8.563	1.650	332	2.125	9.387	2.690	26,3	»	1,07	0,22	0,03	1,32	179,35	3,78	0,78	3,48	2,43
	XIIIe campagne. 1835-36 (3).	13¼	9.614	1.659	553	2.060	10.665	3.270	29,0	»	1,06	0,19	0,05	1,30	246,82	3,44	0,62	3,26	2,28
Air chaud.	XIVe campagne. 1836-37 (4).	32	21.362	2.787	1.196	3.430	21.231	6.767	28,0	50° R.	1,13	0,16	0,05	1,34	211,46	3,56	0,50	3,13	2,19
	XIe campagne. 1834 (5).	26	22.363	2.437	1.076	3.668	18.117	7.134	29,6	100°-120°	1,36	0,20	0,06	1,62	274,31	3,47	0,51	2,54	1,78
		4	1.056	3.450	»	340	2.583	1.460	32,4	90°-100°	1,74	0,13	»	1,87	386,66	3,08	0,23	1,76	1,23
	XIIe campagne. 1834-35 (6).	41	32.428	7.492	1.468	7.100	27.882	12.022	30,0	120°	1,43	0,25	0,05	1,73	293,22	3,32	0,59	2,31	1,62
	XIIIe campagne. 1835-36 (7).	29¼	22 122	2.281	1.244	4.725	16.884	7.142	29,2	110°-120°	1,44	0.29	0,07	1,80	243,91	3,41	0,48	2,36	1,65
	XVe campagne. 1837-38 (8).	53	38.527	8.738	2.066	7.710	35.244	13.360	28,2	170°-180°	1,34	0,22	0,05	1,61	252,07	3,53	0,57	2,64	1,85

(1) Pendant la Xe campagne, l'allure du fourneau a été bonne, les résultats peuvent très-bien être pris pour servir de terme de comparaison, en tenant compte toutefois de la richesse des minerais qui a été plus faible que dans les campagnes suivantes. Observations.

(2) Pendant la XIe campagne, le fourneau a marché pendant les 15 premières semaines à l'air froid; pendant ce temps la consommation de combustible a été très-forte et la production très-faible: cela était dû à la nature du charbon qui avait été détérioré par des pluies répétées.

(3) Les 13 semaines à l'air froid de la XIIIe campagne correspondent à la fin de la campagne, période dans laquelle la production et la consommation de charbon augmentent. Les résultats ne sont pas très-comparables, il n'y a que ceux de la 1re campagne qui doivent être pris en considération.

(4) C'est pendant la XIVe campagne qu'a eu lieu l'établissement du nouvel appareil à chauffer l'air; on a élevé cependant la température de l'air d'une cinquantaine de degrés en le faisant circuler dans le tuyau de retour engagé dans le massif. Les résultats de cette campagne semblent indiquer qu'une température de 50° R. n'a pas eu d'influence sur la marche du fourneau, car bien que la richesse du mélange et les proportions de ses éléments soient restées les mêmes, une tonne de charbon a porté plus de matières, et la production a été plus grande à l'air froid en 1832; la consommation seule de castine a diminué; il ne faudrait pas toutefois trop généraliser ce résultat, qui dépend peut-être seulement d'une circonstance accidentelle, car on verra dans le cha-

pitre suivant qu'une température de 60° à 70° R. suffit pour produire un avantage très-notable dans les résultats de l'air chaud.

(5) Les résultats de l'emploi de l'air chaud pendant la XI° campagne ont été partagés en deux colonnes, parce que pendant les 4 dernières semaines la charge de minerai a été composée, pour les trois quarts, de minerai carbonaté, et les conditions dans lesquelles se trouvait le haut-fourneau ont été changées.

(6, 7 et 8). Les 3 dernières campagnes, quoique présentant des résultats très-variables, peuvent servir à constater d'une manière positive l'avantage de l'emploi de l'air chaud ; en comparant la XV° campagne à la X°, on trouve que la *production* a été augmentée de. . . . . 7,6 p. 0/0

Une *tonne de charbon* a porté en plus. . . . . 10,2 p. 0/0

(En négligeant la différence de richesse des minerais).

On a économisé par quintal de fonte. . . . . *charbon*. 13,7 p. 0/0

» » *castine*. 24 p. 0/0

Pour la XIII° campagne, quoiqu'à une température plus basse, on a obtenu des résultats plus avantageux :

Augmentation de *production*. . 4,2 p. 0/0

Une *tonne de charbon* a porté en plus. . . . . 23,2 p. 0/0

On a économisé par quintal de fonte. . . . . *charbon*. 25,4 p. 0/0

» » . . . . *castine*. . 36,0 p. 0/0

On peut prendre en moyenne pour l'économie de charbon 20 p. 0/0. Ce résultat est plus faible que celui qu'on a signalé dans d'autres usines ;

mais cela tient sans doute à ce fait souvent observé, que dans les usines mal conduites, où la consommation était auparavant très-forte, on a eu plus d'avantage à employer l'air chaud, et en général les nouveaux procédés destinés à diminuer la consommation de combustible, que dans les usines où la consommation de combustible était auparavant aussi restreinte que possible, l'introduction de ces procédés devenant l'occasion d'une réforme générale dans l'usine.

CHAPITRE II.

DES HAUTS-FOURNEAUX AU COKE.

L'emploi de l'air chaud dans les hauts-fourneaux au coke de la Silésie a conduit à un résultat contraire à celui qui avait été annoncé généralement jusqu'ici : c'est que l'air chaud, lorsque la température est très-élevée, altère la qualité de la fonte au point de la rendre impropre soit au moulage, soit à l'affinage ; c'est pour cette raison que dans les hauts-fourneaux de Gleiwitz et de Kœnigshütte, on ne chauffe l'air que jusqu'à 80° ou 100° R., au lieu de le chauffer à la température de l'étain ou du plomb fondant.

L'air chaud n'a été employé jusqu'ici que dans le haut-fourneau de Gleiwitz et dans deux hauts-fourneaux de Kœnigshütte ; on construisait, pendant notre séjour en Silésie, quelques nouveaux hauts-fourneaux au coke avec des appareils pour chauffer l'air, mais qui ne devaient porter la température qu'à 100° environ. Les autres hauts-fourneaux au coke ont conservé l'air froid. Je commencerai par indiquer les résultats de l'usine de Kœnigshütte,

qui m'ont été fournis d'une manière plus complète et qui se rapportant à 4 hauts-fourneaux, dont 2 à l'air froid et 2 à l'air chaud, marchant dans des circonstances semblables, sont bien plus comparables.

Hauts-fourneaux de Kœnigshütte.

L'usine royale de Kœnigshütte, située à 2 lieues au sud de la petite ville de Beutheu, est la plus importante des 5 usines royales; elle se compose de 4 hauts-fourneaux au coke, dont les produits alimentent en grande partie les fonderies de Berlin et de Gleiwitz et un grand nombre de feux d'affinerie. Une grande forge à l'anglaise viendra bientôt la compléter. A côté de l'usine à fer et sous la direction de la même administration, se trouve l'usine à zinc de Lidognia, la plus importante de toute la Silésie, à 500 mètres de distance, la mine royale de Kœnigsgrübe qui fournit le combustible à ces usines.

Disposition de l'usine.

L'usine à fer de Kœnigshütte, quoique bâtie successivement, présente une grande régularité; on a profité de l'inégalité du sol pour placer derrière les hauts-fourneaux l'aire de carbonisation, les fourneaux de grillage, les tas de minerais, etc., à environ 15 pieds au-dessus du sol de l'usine; les matières, pour arriver au gueulard, n'ont plus à franchir qu'une partie de la hauteur du fourneau. Les tours à élever les charges sont placées à côté des hauts-fourneaux, alternativement à droite et à gauche : les hauts-fourneaux sont partagés en deux groupes pour chacun desquels on a construit en arrière une vaste halle qui s'étend jusqu'à la plate-forme de carbonisation, et dont le front se trouve sur la ligne générale entre les deux tours à élever les charges; c'est dans ces halles

que se fait le cassage de la castine, l'approvisionnement de coke et de minerai pour la nuit, et que se trouvent les balances pour peser le minerai et la castine; immédiatement à côté des balances descendent les plateaux qui doivent enlever les charges au gueulard. Cette disposition est très-convenable pour éviter tout transport inutile. En avant de la ligne générale des hauts-fourneaux se trouvent les halles pour la coulée; les deux fourneaux du milieu ont une halle commune, les deux fourneaux des extrémités ont chacun une halle particulière; cette disposition laisse deux espaces vides, entre ces corps avancés, dans lesquels les aides transportent immédiatement les laitiers qui sortent du haut-fourneau. Les machines soufflantes, maintenant au nombre de 4, sont en arrière, en regard de ces halles de coulée. Cette disposition générale, très-convenable pour épargner les transports inutiles, a cependant un inconvénient; il a fallu placer les machines à vapeur qui font marcher les souffleries dans une position où il est impossible de distraire une partie de leur force pour élever les charges au gueulard; il faut pour chaque fourneau un homme constamment occupé à ce travail pénible.

On fond à Kœnigshütte deux sortes de minerai : Des minerais.
1° Un fer hydraté argileux des environs de Beuthen; il présente de la difficulté pour le traitement parce qu'il se tasse et gêne le passage de l'air; par le grillage il tombe en sable, on est obligé de le charger humide; on regarde comme nécessaire pour le fondre de le mélanger avec du fer carbonaté compacte. Ce dernier provient en partie du terrain houiller, une autre partie provient de la même formation que le sphærosidérite de Malapane; après grillage, il renferme 42 p. 0/0; le minerai

hydraté renferme 28 à 32 p. o/o. Il est probable qu'on parviendrait à employer ce minerai hydraté seul, en le moulant en briquettes avec de la chaux vive; c'est à ce moyen que l'on doit recourir à Laurahütte, nouvelle usine à la houille, que j'ai vue en construction, et qui n'a jusqu'ici que du coke de mauvaise qualité en petits fragments, et ce minerai terreux. Ce minerai est très-impur, il renferme de la calamine et de la galène qui se réduisent dans le haut-fourneau et laissent échapper le zinc et le plomb en vapeurs; cependant, lorsque les minerais sont très-plombeux, il tombe dans le creuset du plomb métallique qui coule avec la fonte ou s'infiltre à travers la sole. A l'usine de Hohenlohütte, qui traite les mêmes minerais que celle de Kœnigshütte, on a trouvé à la fin d'une campagne, en démolissant la sole, un saumon de plomb de 30 quintaux. La fonte donne à la coulée des fumées blanches, souvent très-abondantes; on observe aussi au gueulard des fumées qui se déposent en cadmies, lorsque la cuve se refroidit à la partie supérieure. Enfin, on reconnaît aussi quelquefois, en grillant les parties compactes du minerai hydraté, une odeur sensible d'arsenic, la même odeur se retrouve aussi dans les ateliers de forges. On soumet le minerai carbonaté au grillage pour le rendre plus facile à casser; cette opération se fait dans un four perpétuel, dans lequel on dispose le minerai par couches alternatives avec des escarbilles de coke; tous les matins on tire la provision de la journée et on recharge le fourneau; deux fours accolés suffisent pour les 4 hauts-fourneaux. Ils emploient deux hommes qui doivent faire le chargement et transporter le minerai grillé jusqu'à l'usine. Les

fours ont 16 pieds de haut, 9 pieds de largeur au ventre et 7 pieds au gueulard; on laisse toujours à la partie inférieure du minerai entassé qui soutient ce qui reste dans la cuve. On brûle $\frac{1}{15}$ d'escarbilles en volume, le minerai perd $\frac{1}{3}$ de son poids.

On emploie comme fondant du calcaire que l'on exploite à quelque distance de l'usine dans le muschelkalk. Cette castine est cassée à la main sur des plaques en fonte. 4 hommes travaillant 12 heures sont nécessaires pour un haut-fourneau; ils reçoivent 4 pfennings par quintal.

On n'emploie qu'une seule qualité de houille, celle qu'on exploite à la Kœnigsgrübe; on n'emploie que le gros pour la carbonisation, le menu sert pour chauffer les chaudières, etc. La houille est carbonisée en tas, elle n'est pas collante et se prête très-bien à cette méthode; on assure, du reste, qu'elle ne se prête pas à la méthode de carbonisation dans les fours. **Du combustible.**

Le déchet est de 5 à 7 p. 0/0 en volume, et 30 à 35 p. 0/0 en poids. Le coke conserve généralement la forme des morceaux de houille. La houille renferme de 1 à 7 p. 0/0 de cendres; on peut admettre dans le coke 10 p. 0/0 de cendres en moyenne.

Les hauts-fourneaux de Kœnigshütte (1) ont à la base la forme de pyramides quadrangulaires tronquées; les angles de la base supérieure sont abattus, et le massif prend une forme octogonale; à partir de cette base, qui est à peu près au tiers

(1) Ces hauts-fourneaux dans l'ordre où ils sont placés en arrivant à l'usine portent les noms de : Wedding, Heinitz, Reden, Gerhard.

de la hauteur, il prend la forme d'un tronc de cône relié de place en place par des cercles en fer; le massif inférieur est relié par des ancres; cette forme est assez générale dans la Haute-Silésie, elle est figurée dans l'atlas du *Système de métallurgie de Karsten*. Le creuset et l'ouvrage sont en *masse* composée de 8 parties de brique pilée et 3 parties d'argile réfractaire; la cuve est formée par 3 chemises concentriques en briques réfractaires, les étalages sont de même en briques. Les dimensions de ces hauts-fourneaux sont les suivantes :

	Pieds.	Pouces.
Hauteur du creuset et de l'ouvrage	7	0
» du creuset seul	2	2
» des étalages	9	6
» totale du fourneau	43	11
Largeur à la sole	1	8
» aux tuyères	2	2
» aux étalages	2	8
» au ventre	11	6
» au gueulard	4	6

Les hauts-fourneaux ont 3 tuyères en cuivre horizontales; on donne à la tuyère qui est placée sur la rustine des dimensions plus petites qu'aux deux autres.

Les machines soufflantes sont au nombre de 3, de construction antique; on en établissait à la fin de 1838 une quatrième qui doit marcher maintenant. L'air est lancé dans des régulateurs à eau, et passe ensuite dans la conduite qui l'amène aux tuyères. On estime que ces trois machines peuvent fournir ensemble de 8.000 à 10.000 pieds cubes d'air par minute; la pression varie de 2 livres à 2 livres $\frac{1}{4}$ par pouce carré.

Du chargement. Les charges sont élevées dans des wagons en

tôle, sur des plateaux suspendus aux deux extrémités d'une corde; cette corde est fixée sur une poulie qu'un homme met en mouvement au moyen d'une manivelle. Les wagons sont placés sur deux bouts de rails qui viennent, lorsque les plateaux arrivent au niveau de la plate-forme, se raccorder avec un chemin de fer qui passe sur le gueulard. Le wagon est à fond mobile, formé de deux battants suspendus par des tringles en fer à l'extrémité d'un levier; l'autre extrémité de ce levier est retenue par une clavette qu'on enlève lorsque le wagon est au-dessus du gueulard; la charge tombe dans le fourneau; par cette disposition un seul homme peut élever, les charges et les vider, sans fatigue et sans danger. A l'usine de Hohenlohütte un seul homme suffit pour charger les deux hauts-fourneaux; mais les charges sont élevées rapidement au moyen d'une balance d'eau. Cette méthode de chargement est très-avantageuse et a été adoptée déjà dans quelques usines de Belgique.

De la conduite du fourneau.

L'emploi de l'air chaud, à une température de 70° à 80° R., n'a pas amené de changement très-grand dans la marche du fourneau. On charge à peu près 15 fois en 24 heures; on met à la fois 6 tonnes de coke, formant 3 charges (*gichten*) et par dessus le minerai et la castine mélangés. A l'air froid une charge se compose, pour 2 tonnes de coke, de 5 à 5 $\frac{1}{2}$ quintaux de minerai mélangé, et à l'air chaud de 5 $\frac{1}{2}$ à 6 quintaux. On charge environ 1 quintal $\frac{1}{2}$ de castine; la charge de minerai carbonaté grillé est constante et égale à $\frac{3}{4}$ de quintal. Pendant une des semaines de mon séjour à Kœnigshütte, les charges ont été composées ainsi :

N° 1. *Fourneau Wedding*. 180ᵉ *semaine*.

Minerai terreux.	5 q.	2 tonnes de coke.
» carbonaté grillé.	» $\frac{1}{4}$	
Castine.	1 $\frac{1}{2}$	

La température était 70° R.; 18 à 21 charges en 12 heures.

N° 2. *Fourneau Heinitz*. 125ᵉ *semaine*.

Minerai terreux.	4 q. $\frac{3}{4}$	2 tonnes de coke.
» carbonaté et grillé.	» $\frac{3}{4}$	
Castine.	1 $\frac{1}{2}$	

Air froid; 21 à 24 charges en 12 heures.

N° 3. *Fourneau Reden*. 151ᵉ *semaine*.

Minerai terreux.	4 q. $\frac{3}{4}$	2 tonnes de coke.
» carbonaté et grillé.	» $\frac{3}{4}$	
Castine.	1 $\frac{1}{4}$	

Température 70°; 19 à 20 charges en 12 heures.

N° 4. *Fourneau Gerhard*. 51ᵉ *semaine*.

Minerai terreux.	4 q. $\frac{1}{4}$	2 tonnes de coke.
» carbonaté et grillé.	» $\frac{3}{4}$	
Castine.	1 $\frac{3}{8}$	

Air froid; 21 charges en moyenne.

Le travail du haut-fourneau exige 11 hommes en 24 heures : 2 fondeurs, 4 chargeurs et 2 aides qui se relayent pour élever les charges et remplir et vider les wagons. Ces 8 hommes travaillent chacun 12 heures. Enfin, pendant le jour seulement, il y a 1 aide pour enlever les laitiers et 2 ouvriers pour brouetter les minerais. Ces 11 hommes reçoivent 15 pf. par quintal de fonte.

De la nature des produits.

Les hauts-fourneaux travaillent toujours en fonte grise, destinée en grande partie à l'affinage, soit dans les fours à puddler, soit dans les feux d'affinerie; le reste est employé pour le moulage en 2ᵉ fusion. La fonte doit être grise parce que les mine-

rais donneraient une fonte blanche trop impure qui s'affinerait trop vite et ne donnerait pas de bon fer. La décarburation serait complète avant que les matières étrangères au fer pussent être séparées. La fonte, lorsque le fourneau est en bonne allure, est à grains assez fins au centre des échantillons et à grains très-fins sur les bords. Elle n'est pas chargée de graphite apparent.

La fonte obtenue par l'emploi de l'air, chauffé à 70° R., parait peut-être un peu plus grise que la fonte à l'air froid. Les laitiers sont bien liquides et coulent très-loin; refroidis, ils sont d'un vert jaunâtre, vitreux mais opaques; ils sont très-fragiles et se réduisent en éclats par le refroidissement seul. On trouve quelquefois dans ces laitiers du titane métallique, lorsqu'à la fin d'une campagne l'allure devient crue. On observe au gueulard une flamme assez grande, accompagnée de fumées blanches; à l'air froid il ne se dépose pas de cadmies; mais à l'air chaud elles se déposent en grande abondance lorsque la température dépasse une certaine limite.

On a commencé les premiers essais dans le fourneau Wedding au mois de juin 1835. Plus tard le fourneau Reden a été aussi pourvu d'un appareil à chauffer l'air; les hauts-fourneaux marchent deux à deux, l'un à l'air chaud et l'autre à l'air froid, alimentés par les mêmes minerais, et par conséquent dans des circonstances tout à fait semblables. La flamme perdue aurait pu suffire pour échauffer l'air, mais la construction du massif ne laisse pas d'emplacement au gueulard. Chaque haut-fourneau a un foyer particulier qui chauffe l'appareil, il est placé derrière le fourneau. Comme à Malapane, l'appareil que l'on avait choisi

Emploi de l'air chaud.

Appareil à chauffer l'air.

d'abord a donné de mauvais résultats; il se composait d'un gros tuyau replié plusieurs fois au-dessus de la grille du foyer. Le second appareil a été copié sur celui de Calder; il ne consomme que les $\frac{3}{4}$ de ce que consommait le premier. C'est l'appareil auquel on parait s'être définitivement arrêté pour les foyers séparés.

Des buses à l'air chaud.

Les culottes en cuir ont été complétement remplacées par les porte-vents en fonte, dont il a déjà été question à propos de l'usine de Malapane. Ce système de buses dont les *fig.* 1 et 2, *Pl. III*, donnent la forme la plus nouvelle, se compose essentiellement d'un gros tuyau coudé (*fig.* 1 et 2), qui s'adapte au moyen d'un collet boulonné sur l'extrémité verticale de la conduite. Ce tuyau présente dans sa partie verticale un diaphragme percé d'une ouverture *o* que l'on peut ouvrir et fermer à volonté au moyen de la plaque *p*, mise en mouvement par la manivelle *m*. Cette espèce de levier sert à régler la quantité de vent que doit fournir la buse, et peut même intercepter complétement la communication. Les surfaces de contact de la plaque et des bords du diaphragme sont exactement planées. La manivelle M qui met en mouvement une longue vis fixe VV, sert à imprimer un mouvement de va-et-vient au tube TT, qui porte la buse. Ce tuyau T est exactement tourné sur sa surface extérieure et glisse à frottement dur dans le manchon XX, qui de même est exactement tourné à l'intérieur. La buse B est boulonnée sur la saillie cylindrique d'un boulet creux en fonte Q, qui s'engage dans un autre boulet creux de même diamètre, et fixé par des vis sur l'extrémité du tube TT. Les deux boulets sont usés l'un sur l'autre, et forment un assemblage complétement imperméable à l'air, permettant de

donner à la buse une direction quelconque, une fois que sa distance a été réglée au moyen de la manivelle M. L'examen attentif du dessin suffit pour faire voir l'assemblage de toutes ces pièces, et les dispositions adoptées pour le montage et le renouvellement de toutes les parties. Les buses représentées sur le dessin sont celles de Laurahütte; j'en ai pris le croquis dans l'atelier d'ajustage de Malapane où elles étaient encore en construction. Ces buses, quoiqu'un peu dispendieuses à faire établir, sont très-avantageuses; elles sont très-solides et ne perdent pas le vent.

Les premiers essais pour l'emploi de l'air chaud à Kœnigshütte datent du 20 juin 1835. Des résultats avantageux obtenus à Malapane on avait conclu, par une analogie un peu forcée, qu'on obtiendrait le même succès pour les hauts-fourneaux au coke; mais l'expérience, heureuse sous le rapport de la consommation de combustible, a fait voir que pour la qualité de la fonte l'air chaud était nuisible. La fonte, obtenue par des températures de 150° à 200° R., est impropre au moulage et à l'affinage. La raison doit en être probablement cherchée dans la nature du coke qui renferme beaucoup de cendres plutôt que dans la nature des minerais. Dans les trois séries d'essais qui vont suivre, on a choisi dans l'intervalle de roulement à l'air froid, des semaines de bonne allure à l'air froid, et on les a groupées pour les comparer aux résultats de l'air chaud. (On donne toujours le nom de *charge* à la quantité de minerai et de castine chargée pour 2 tonnes de coke). Premiers essais.

Ire SÉRIE. — 9 *semaines à l'air chaud et à l'air froid.*

Température variable de 140° R. à 170° R.

	Air chaud.	Air froid.	
Nombre de charges par semaine.	211	298	
Charge de minerai. . .	6q,333	5q,383	2 tonnes
» castine. . . .	1 ,564	1 ,305	de coke.
Une tonne de coke a porté.	3q,948	3q,344	1 tonne pèse 2q,218.
Production par semaine.	416 ,80	521 ,97	
Rendement moyen des minerais..	31,2 p. 0/0	32,4 p. 0/0	
Pour 1 quintal de fonte on a consommé. — Minerai.	3q,20	3q,08	
Castine..	0 ,79	0 ,75	
Coke.. .	2 ,24	2 ,54	

Économie de combustible. . . 0q,30

Soit. . . . 11,6 p. 0/0

L'emploi du vent chaud a commencé peu de temps après la mise en feu, deux semaines après la première charge de minerai ; cette circonstance suffit pour expliquer la faiblesse de la production journalière, la plus grande consommation de castine et la faible économie de combustible.

IIe SÉRIE. — 5 *semaines.*

Température de 80° à 90° R.

		Air chaud.	Air froid.
Nombre de charges par semaine. .		289	359
Charge de minerai.		7q,28	6q,11
» de castine..		1 ,59	1 ,63
Une tonne de coke a porté. . . .		4q,43	3q,87
Production par semaine.		686 ,11	730 ,97
Pour 1 quintal de fonte.	Minerai. . . .	3 ,08	3 ,00
	Castine.	0 ,67	0 ,80
	Coke.	1 ,82	2 ,18

L'économie de combustible à l'air chaud, quoique avec des minerais moins riches, a été : 0q,308,

soit 14 p. 0/0. Le rendement moyen a été 32,5 p. 0/0 et 33,2 p. 0/0.

Cette série a été interrompue par des réparations à faire à l'appareil à chauffer l'air.

III[e] SÉRIE. — 13 *semaines.*

Température moyenne, 73° R.

		Air chaud.	Air froid.
Nombre de charges par semaine		312	359
Charge de minerai		6q,83	5q,85
» de castine		1 ,42	1 ,57
Une tonne de coke a porté		4q,18	3q,71
Production par semaine		700 ,75	695 ,98
Rendement moyen		32 ,8 p. 0/0	33 ,1 p. 0/0
Pour 1 quintal de fonte.	Minerai	3 ,44	3 ,02
	Castine	0 ,72	0 ,81
	Coke	1 ,96	2 ,27
Économie de combustible		0 ,31	
Soit		13 p 0/0.	

Les résultats de l'air chaud correspondent à une suite non interrompue de 11 semaines de bonne allure; on y a joint 2 semaines également de bonne marche de la 2[e] série. On a choisi pour la comparaison 13 semaines de très-bonne marche à l'air froid; c'est à ces derniers résultats qu'on doit attacher le plus de confiance.

En discutant ces résultats, tout en tenant compte des circonstances dans lesquelles chaque série d'essais a été faite, et surtout pour les deux premières de l'incertitude où l'on était encore sur la conduite du fourneau, on ne peut en faire ressortir qu'un fait bien constant, c'est l'*économie de combustible* qui s'élève jusqu'à 13 et 14 p. 0/0 pour une température de 70° à 90° R.

La production journalière et le rendement

du minerai semblent plutôt avoir diminué qu'augmenté; on verra cependant plus tard qu'une expérience plus prolongée a fait reconnaître un avantage sous ces deux rapports. Ce qu'il y a de plus instructif dans ces essais, c'est l'observation des faits qu'a présentés l'allure du fourneau. On a remarqué d'abord une plus grande fluidité des matières qui en sortaient, les tuyères étaient devenues très-brillantes; tout annonçait une grande élévation de température dans l'ouvrage. En même temps il y a eu refroidissement des parties supérieures, il s'est formé des cadmies abondantes, dont la présence était rare à l'air froid, et ces cadmies se sont déposées à une profondeur telle qu'il devenait impossible de les arracher. Ces cadmies détachées par morceaux, dans le mouvement des charges, parvenaient jusque dans les parties inférieures et se réduisaient en se volatilisant de nouveau. La fonte, pendant la coulée et même dans l'avant-creuset, donnait des fumées de zinc et de plomb tellement abondantes, que vers la fin, assure-t-on, la fonte se trouvait enveloppée de nuages épais qui permettaient à peine de la voir couler; on a même obtenu quelquefois du plomb métallique à la coulée, ce qui n'était pas arrivé à l'air froid. Enfin, le rétrécissement du fourneau produit par les cadmies devint tel, qu'il fallut interrompre le traitement au vent chaud et redonner le vent froid. Par suite de ce changement la chaleur remonta dans la cuve, et les cadmies réduites se volatilisèrent de nouveau et furent entraînées; l'abondance des fumées blanches au gueulard était si grande qu'on a comparé cet effet à celui que pourrait produire la substitution de la calamine pure au minerai de fer. Cette production de

cadmies a limité à 9 semaines la durée des premiers essais et à 11 celle des derniers. Cette réduction et cette volatilisation des cadmies produit un refroidissement considérable dans la partie inférieure du fourneau et compromet très-gravement sa marche. Par l'emploi d'une température élevée de 150° R. environ, la nature de la fonte s'est trouvée complétement altérée; elle était à très-gros grains, tellement fragile qu'avec un maillet de bois on pouvait casser les gueuses, que dans l'état ordinaire des choses on ne peut casser qu'avec une masse en fer. La fonte employée en deuxième fusion conservait ses défauts. Enfin, affinée à Rybnick, non-seulement elle a rendu l'opération de l'affinage très-difficile, mais encore la qualité du fer était très-mauvaise; les $\frac{2}{3}$ des barres soumises à l'épreuve ordinaire, à laquelle elles résistaient ordinairement, se sont brisées. Par suite de ces résultats défavorables, qui ont été confirmés en même temps par les essais de Gleiwitz, on a dû renoncer à l'emploi d'une température élevée. L'air n'est chauffé maitenant qu'à 60° R. ou 70° R. au plus, et on a conservé deux fourneaux à l'air froid. On assure même que lorsqu'on veut couler des pièces de résistance, telles que cylindres de laminoir, engrenages, volants, etc., pour obtenir des produits aussi bons que possible on doit faire marcher momentanément le haut-fourneau de Gleiwitz à l'air froid, ou employer de la fonte à l'air froid de Kœnigshütte refondue au four à réverbère. A cette basse température de 70°, il paraît encore nécessaire, pour maintenir la qualité des produits et prévenir les engorgements, de souffler de temps à autre à l'air froid.

Dans ces limites de température, quoique l'économie de combustible soit très-faible, l'emploi de

l'air chaud est néanmoins d'une très-haute utilité comme *remède* facile à appliquer et d'un effet certain ; on établit maintenant en Silésie quelques hauts-fourneaux au coke, auxquels on donne des appareils à chauffer l'air, principalement dans ce but.

En Belgique aussi on regarde cette application comme l'une des plus importantes de l'air chaud. En élevant la température, on peut en quelques heures faire disparaître toute trace d'une allure crue et rendre la fonte grise de blanche qu'elle était, jusqu'à ce qu'on ait eu le temps de remédier au dérangement du fourneau par une diminution de la charge ou un changement dans les proportions de minerai ou de castine. L'air chaud est également un remède efficace pour combattre un accident assez fréquent et dangereux dans les hauts-fourneaux au coke de la Silésie : c'est l'élévation du point de fusion et de combustion au-dessus de sa position ordinaire, résultat d'une allure chaude très-longtemps prolongée. La combustion n'ayant plus lieu que dans une partie élevée du fourneau, le creuset se refroidit, les tuyères deviennent obscures, sont obstruées par des amas de scories froides et de fonte qui s'affine, l'ouvrage se rétrécit et la production diminue considérablement. La fonte restant toujours très-grise, les laitiers exempts de fer sortent moins liquides du creuset. Le travail de la percée devient très-pénible, parce qu'il faut enlever à coups de ringard des morceaux de fonte solidifiés avant d'arriver à la cavité centrale qui renferme la fonte liquide. Il arrive quelquefois que tous les moyens dont on dispose, tels que le changement de composition des charges, de quantité de vent, etc., ne réussissent pas à rappeler la chaleur dans l'ouvrage ; on est alors forcé

de mettre hors avant que tout ne soit solidifié dans le fourneau. A Kœnigshütte, dès qu'une telle allure se déclare on augmente la charge de minerai, ou mieux on ajoute des débris de vieille fonte et en même temps on diminue la pression du vent; lorsque le creuset est trop refroidi, ce moyen ne peut réussir : on essaye alors de mettre des charges de coke seulement, sans minerai; enfin on peut être réduit à une dernière extrémité, celle d'ouvrir l'un des flancs de l'ouvrage pour en détacher à coups de ringard les matières qu'il renferme, à remplir l'intérieur de houille, à refermer l'ouverture aussi rapidement que possible et redonner le vent. Si la marche du fourneau ne se rétablit pas après cette tentative désespérée, on se hâte de mettre hors. C'est ce qui est arrivé au fourneau Reden en 1833, au fourneau Wedding en 1820; à la fin de 1838 le fourneau Gerhard se trouvait dans cet état; au bout de peu de temps, le creuset s'était tellement refroidi et rétréci que quelques heures après la coulée, la fonte, après l'avoir rempli, s'échappait avec les laitiers; les tuyères étaient complétement obscures et refusaient le vent, il fallait constamment les déboucher à coups de ringard; la production était réduite à près de moitié; pendant une période d'environ 15 jours l'état du fourneau avait toujours empiré, il est possible que plus tard il se soit éteint. Ce dérangement, qui à ma connaissance a duré au moins 3 semaines, n'aurait certainement pas eu lieu si le fourneau avait marché à l'air chaud, même à une température de 80° à 100° R., et dans tous les cas aurait disparu rapidement s'il avait été possible d'appliquer momentanément l'air chaud, qui aurait produit son effet accoutumé, la concentration de la chaleur dans la

partie inférieure, et aurait ramené le point de combustion vers les tuyères. Le même accident se reproduit dans certains hauts-fourneaux de Charleroi, toutefois sans devenir aussi grave : lorsqu'un haut-fourneau a marché pendant 1 mois ou 2 mois en fonte de moulage et par conséquent avec surcharge de coke, les laitiers deviennent visqueux, coulent difficilement, le creuset et l'ouvrage se rétrécissent, la production journalière devient plus faible, il se loge dans les angles, des masses de fer et de laitier qui restent là comme en réserve. Pour *dégraisser* ou *refondre* le fourneau, on met pendant 2 ou 3 jours une surcharge de minerai; les laitiers deviennent alors noirs et corrosifs, et la fonte blanche; la production devient énorme, elle devient souvent double de ce qu'elle était pendant la dernière période de la production de fonte grise. Il est infiniment probable que ce fait est dû au transport du point de fusion vers la partie supérieure du fourneau; une surcharge de minerai ramène le point de fusion à sa place et fournit en même temps un dissolvant pour les engorgements; en employant l'air chaud on préviendrait cet inconvénient ou du moins on y remédierait sans suspendre pendant plusieurs jours la production de fonte grise. Sous ce point de vue l'air préalablement chauffé doit être considéré comme un agent métallurgique très-utile.

Pour avoir une idée exacte des effets que peut produire l'air échauffé à une température de 60° à 80° R., il suffira de jeter les yeux sur le tableau ci-joint. Il donne les résultats des 6 premiers mois de 1838 pour les 4 hauts-fourneaux (pour le fourneau Wedding seulement les mois de janvier et de février ont été supprimés, parce qu'ils

différaient trop des autres et devaient évidemment correspondre à une marche à l'air froid). Les 4 fourneaux fondent les mêmes minerais, mais il y a 2 sortes de minerais hydratés, la proportion en est différente pour chaque groupe de hauts-fourneaux: c'est pour cela que, pour les fourneaux 3 et 4, la charge en minerai est moins forte que pour les fourneaux 1 et 2. L'accord qui existe entre les résultats des deux groupes, montre d'une manière évidente que l'air chaud, à une température au plus égale à celle de l'eau bouillante, produit encore un effet marqué.

Nom et âge des hauts-fourneaux.	Nombre de semaines.	Consommation totale.				Production totale.	Rendement moyen des minerais.	Température de l'air.	Une tonne de coke a porté :			Production par semaine.	Pour 1 quintal de fonte on a consommé :			
		Minerai hydraté.	Minerai carbonaté grillé.	Castine.	Coke.				Minerai.	Castine.	Total.		Minerai.	Castine.	Coke. 1 tonne pèse 2q.,22	
		quint.	quint.	quint.	tonnes.	quint.	p. 100.	0° R.	quint.	quint.	quint.	quint.	quint.	quint.	tonn.	quint.
Campagne de 1838 : 6 mois.																
1er groupe. N° 1. *Wedding.* (Air chaud.) Au 1er janv. âgé de 181 semaines.	17	28.240	5.445	8.048	10.890	11.518	34,1	70°	3,09	0,73	3,82	677	2,92	0,69	0,94	2,08
1er groupe. N° 2. *Heinitz.* (Air froid.) —— âgé de 76 semaines.	26	39.951	7.752	12.621	16.992	16.294	34,1	•	2,81	0,74	3,55	653	2,92	0,77	1,04	2,31
2e groupe. N° 3. *Reden.* (Air chaud.) —— âgé de 102 semaines.	26	36.657	6.943	10.767	14.592	14.821	33,9	70°	2,98	0,74	3,72	570	2,94	0,72	0,98	2,17
2e groupe. N° 4. *Gerhard.* (Air froid.) —— âgé de 3 semaines.	26	34.525	6.518	11.039	15.108	13 854	33,7	•	2,71	0,73	3,44	533	2,96	0,79	1,08	2,39

Il y a en même temps économie de combustible, de castine et de temps, puisqu'il y a augmentation de production hebdomadaire. Si l'on tient compte de la consommation de l'appareil à chauffer l'air qui s'élève à 4 tonnes de houille menue par jour, pour l'appareil le plus parfait, l'économie du combustible se trouvera un peu réduite, mais l'influence de cette consommation sur le prix de revient sera très-faible, parce que la houille menue ne vaut que la moitié de celle qui sert à faire le coke. Il n'y a pas d'ouvrier spécial attaché à l'appareil à chauffer l'air, c'est le fondeur qui l'entretient; il règle le feu d'après l'observation d'un thermomètre à mercure placé sur la tuyère de derrière. L'emploi de l'air chaud ne paraît pas avoir d'influence nuisible sur la durée de la campagne; le fourneau Wedding avait toujours une bonne allure depuis sa mise en feu et l'application de l'air chaud, il était à sa 182e semaine; on ne pourra décider cette question que lorsqu'il y aura eu plusieurs campagnes a l'air chaud.

Les buses ont été un peu élargies pour l'air chaud, la pression est restée la même, variable de 2 livres $\frac{1}{4}$ à 2 livres $\frac{1}{2}$. A l'air froid les 2 buses de côté avaient de 2 pouces à 2 pouces $\frac{1}{4}$ de diamètre, celle de derrière qui est toujours un peu plus petite, 1 pouce $\frac{7}{8}$. A l'air chaud, elles ont 2 pouces $\frac{3}{8}$ et 2 pouces.

Haut-fourneau de Gleiwitz.

L'usine de Gleiwitz est la plus ancienne usine au coke de la Haute-Silésie et peut-être du continent; elle fut bâtie par un Anglais en 1795. Elle se compose maintenant d'un haut-fourneau pour la fonte de moulage en première et deuxième fusion, de 4 cubilots dont 2 sont

toujours en activité, 10 fours à réverbère pour refondre la fonte, et d'un atelier de fabrication de machines avec tous ses accessoires. A cette usine se rattache une fabrique de pôts émaillés qui appartient à un particulier et dont les procédés sont enveloppés d'un secret complet. Le haut-fourneau marche à l'air chaud depuis décembre 1835; on a essayé d'abord une haute température, on a été obligé de descendre comme à Kœnigshütte, et maintenant on regarde 100° R. comme la limite supérieure.

Des minerais. On fond à l'usine de Gleiwitz 3 espèces principales de minerais : 1° le fer oxidé hydraté de Tarnowitz tenant 27 à 28 p. 0/0 de fer; 2° le fer carbonaté des houillères, chargé d'empreintes végétales auxquelles adhèrent encore les parties charbonneuses (il renferme jusqu'à 42 p. 0/0); 3° un fer carbonaté argileux d'un blanc sale, dont l'aspect est tout à fait comparable à celui d'un sable argileux; il est en partie terreux. On cherche toujours à introduire le fer carbonaté des houillères dans la proportion de $\frac{1}{7}$ pour diviser les charges. On le soumet à une calcination préalable. Pour 100 livres de minerai cru, on consomme 0,13 pied cube de menu charbon et la perte est de 28,5 p. 0/0.

La castine provient comme à Kœnigshütte de la formation du muschelkalk; elle est cassée à la main.

Combustible. On emploie 2 sortes de coke pour le haut-fourneau : 1° le coke fabriqué en tas, 2° le coke fabriqué dans des fours distillatoires; ce dernier est trop dur et trop difficile à brûler pour la force de la machine soufflante; on ne l'emploie que pour $\frac{1}{7}$ dans les charges, on l'emploie de préférence dans les cubilots. On fabriquait encore il y a quelque temps du coke avec le menu de certaines couches de

Zabrze, la carbonisation se faisait dans des fours semblables à ceux de boulanger (*backofen*), le coke prenait le nom de *backcoak*. Quoique ces fours n'existent plus, je les ai mentionnés, parce qu'il sera question de ce backcoak dans le chapitre des cubilots. La houille provient en grande partie de la mine royale de Zabrze, dont la grande galerie d'écoulement forme un canal qui vient aboutir à l'usine; ce canal sert dans l'été à faire une grande partie des transports; mais il est insuffisant dans cette saison et gèle en hiver; on se propose de construire un chemin de fer latéral. On emploie aussi des houilles provenant des mines particulières voisines de Zabrze. Les houilles employées à Gleiwitz sont plus grasses que celles de Kœnigshütte; cependant elles conservent également leur forme et ne collent pas.

Fours distillatoires.

La carbonisation se fait en petits tas ou en tas élevés comme à Kœnigshütte. On conserve les petits tas parce qu'ils donnent un coke moins dense et convenant mieux à la pression que l'on peut donner au vent; on emploie exclusivement dans les hauts-fourneaux le charbon qui en provient (*meilercouk*). La carbonisation s'exécute aussi dans des fours distillatoires qu'on a disposés de manière à recueillir le bitume qui brûle ordinairement en pure perte. Ces fours, bâtis en briques, sont composés d'un cylindre de 2 mètres à peu près de hauteur, surmonté par une calotte sphérique, percée d'un trou cylindrique qui forme le gueulard. Le fourneau présente à la partie inférieure une porte en forte tôle pour le chargement et le déchargement, et 4 rangées de tuyaux en fonte qui servent à régler le tirage et à conduire l'opération. La sole est formée par l'extrados d'une voûte en briques, percée de 5 trous qui servent

également à l'introduction de l'air. Le fourneau est relié par une armature en fer et en fonte ; les *fig.* 3, 4, 5, 6, *Pl. III*, en présentent tout le détail. Le gueulard est fermé par une plaque de fonte qu'on lute et les vapeurs s'échappent par un tuyau de fonte placé à la partie supérieure ; le bitume se condense dans un large tuyau rectangulaire en fonte qui serpente dans un bassin ; on remplit ce bassin d'eau froide pendant l'été ; en hiver le contact de l'air suffit pour produire la condensation. Le goudron et les huiles coulent dans un réservoir placé dans une chambre au-dessous du condenseur. Les plaques de fonte dont il est formé ont $0^{m},65$ de largeur et $1^{m},30$ de hauteur. Un seul condenseur sert pour 2 fours voisins, il a un développement de 20 à 25 mètres de longueur. La houille carbonisée par ce procédé doit être bitumineuse sans être collante, pour que l'air et les vapeurs puissent traverser la colonne ; pour la même raison, on ne doit pas employer de menu. On commence par entasser les gros morceaux de charbon sur la sole, en ménageant au milieu et vers la porte une cavité pour y placer de la houille enflammée au moment de la mise en feu. On remplit la cuve de gros morceaux qu'on place à la main jusqu'à la hauteur de la porte ; on achève ensuite de remplir le fourneau avec des morceaux de grosseur moyenne, jusqu'au niveau du tuyau de dégagement des vapeurs. On met alors la plaque de fonte qui doit fermer le gueulard, et on la lute avec de l'argile ; on bâtit un mur en briques sèches dans l'embrasure de la porte et on jette de la houille allumée dans le canal ménagé à la partie inférieure. On ferme la porte qu'on lute également avec de l'argile, et on ferme les trois rangées supérieures

d'ouvreaux ; la rangée inférieure reste seule ouverte. Au bout de 8 ou 10 heures, on peut déjà voir le feu par les tuyaux de la 2ᵉ rangée; on ferme alors la rangée inférieure et on ouvre la 2ᵉ; 10 heures après environ, on la ferme et on ouvre la 3ᵉ. Enfin, au bout de 16 heures, on ferme cette 3ᵉ rangée, et on ouvre la 4ᵉ, qu'on ne maintient ouverte que 3 heures environ ; on la referme alors et on laisse le fourneau abandonné à lui-même pendant 12 heures. On ouvre alors la porte, on hale le coke avec des crochets, et on l'éteint avec de l'eau. Le charbon ne doit pas flamber dans le fourneau, il doit seulement avoir une couleur rouge orange. Le coke obtenu ainsi est toujours plus compacte et plus dense que celui qu'on obtient en meules; cette densité peut avoir pour cause la compression qu'éprouve le coke dans le fourneau, et la contraction, le retrait subit que produit l'eau froide qu'on emploie pour l'éteindre. Par suite le rendement en volume est un peu moindre, mais le rendement en poids est sensiblement le même. Cette méthode convient très-bien dans les localités où les produits de la distillation ont de la valeur, et où la houille jouit, comme en Silésie, de la propriété d'être très-peu collante, et de renfermer cependant une assez grande proportion de matières bitumineuses. On admet que :

Pour la couche George à Zabrze (dans ces fours), 100 tonnes de houille (gros) donnent.	74,1 tonnes de coke.
Le déchet est donc de.	25,9 p. 0/0 en volume.
et à 2f,49 la tonne de coke de. . .	48,4 p. 0/0 en poids.
Pour la même couche (la houille renferme 2,67 p. 0/0 de cendres) en tas, le déchet est de.	20 p. 0/0 en volume.
Et.	47,2 p. 0/0 en poids.

Pour la couche Catherine à Ruda (la houille renferme 4,25 p. 0/0 de cendres) en tas, le déchet est de.	10 p. 0/0 en volume.
Et.	43,9 p. 0/0 en poids.

Il y a maintenant 6 fours à bitume (*Theerofen*). En 1837 il y avait 4 fours seulement; ils ont été 20 semaines en activité, on a fait en tout 198 feux. On charge à la fois 40 tonnes de houille, on a donc carbonisé 7.920 tonnes de houille (soit 17.661 hectolitres), on a obtenu 5.867 tonnes de coke. On a obtenu en outre 51.357 quartes de goudron brut (1 quarte = $1^{lit.},13$). En comparant cette quantité au nombre de tonnes de houille, on trouve en mesures métriques que 1 hectolitre de houille a donné $3,^{lit.}28$ de goudron brut.

Le goudron brut est distillé de nouveau dans un vase fermé, et donne 4 p. 0/0 d'une huile limpide semblable à l'huile de naphte; on achève de la rapprocher dans une chaudière et on extrait finalement de 100 parties de goudron brut, 36 parties de bitume solide (*Hartpech*). De sorte qu'un hectolitre de houille donne $1,^{lit.}18$ d'asphalte ou de poix dure.

La carbonisation est donnée à l'entreprise, à un maître qui a sous ses ordres 8 ouvriers. 5 de ces ouvriers sont spécialement chargés de la carbonisation en tas, 3 de la surveillance des fours distillatoires; ils aident aussi les 5 premiers. Le maître paye les ouvriers à la journée et reçoit 7 pf. $\frac{1}{2}$ par tonne de coke amenée au pied du haut-fourneau.

On admet que 1 tonne de houille pèse.	$3^{q},5$
1 tonne de meilercoak de la couche *Einsiedel* à Zabrze.	1 ,90
1 tonne de meilercoak, couche *George* à Zabrze.	2 ,31
1 » » couche *Catherine* à Ruda.	2 ,20
1 tonne de coke des fours à bitume (theercoak).	2 ,44
1 tonne de backcoak.	1 ,56

Le massif du haut-fourneau existe encore tel qu'on l'a construit à l'origine; il a la forme d'une pyramide quadrangulaire tronquée. La cuve et les étalages sont en briques réfractaires; il présente une partie cylindrique au ventre. Le creuset et l'ouvrage sont en *masse*; la tympe seule et l'avant-creuset sont formés par des pierres de grès réfractaire. Du haut-fourneau.

Les dimensions du haut-fourneau sont les suivantes:

	Pieds.	Pouces.
Hauteur totale de la sole au gueulard. . . .	40	0
Hauteur du creuset et de l'ouvrage.	6	10
» du creuset au-dessous des tuyères.	2	2
» des étalages (inclinaison 72°). . . .	9	6
Largeur à la sole.	1	8
» aux tuyères.	2	0
» à la naissance des étalages.	2	9
» au ventre.	10	4
» au gueulard.	4	9
Distance de la rustine aux tuyères.	1	0
Des tuyères à la tympe.	1	2
Épaisseur de la tympe.	2	5
Longueur totale du creuset au niveau des tuyères.	6	1

Le haut-fourneau est accompagné d'une tour pour élever les charges; le système est le même qu'à Malapane et à Kœnigshütte; mais le mouvement est imprimé aux plateaux par une roue hydraulique spéciale. Les charges sont élevées dans des waggons en tôle qui passent sur le gueulard et se déchargent par le fond.

Le fourneau a deux tuyères en cuivre de 2 pouces $\frac{1}{4}$ à 2 pouces $\frac{1}{2}$ de diamètre suivant la force de la machine soufflante. Les buses présentent, comme à Kœnigshütte, la disposition indiquée *Pl. III*, *fig.* 1 et 2. La machine soufflante est à 2 cylindres et à double effet; elle alimente le haut-fourneau Machine soufflante.

et un cubilot. Elle est mise en mouvement par une roue hydraulique. Une autre machine soufflante, mise en mouvement par une machine à vapeur, sert de réserve et aide la machine ordinaire à l'époque des basses eaux et des gelées. Les pistons ont $1^{m},517$ de diamètre et $1^{m},47$ de course effective. Une observation particulière m'a donné pour la manivelle une vitesse de rotation de 5 tours par 1'. La pression correspondante sur les buses était $2,^{liv.}1$, la température 105°, le diamètre des buses 2 pouces $\frac{1}{2}$. La machine venait d'être réparée. A l'air froid le diamètre des buses était ordinairement de 2 pouces $\frac{1}{4}$ et la pression de 1 livre $\frac{1}{2}$. Avec ces données on peut facilement comparer les quantités de vent mesurées au moyen du diamètre des buses et de la pression, et au moyen des dimensions du cylindre, et voir quelle est l'erreur en plus commise dans cette dernière estimation qui est toujours inexacte.

En ramenant tout aux mesures métriques, on a :

Diamètre des cylindres. . . . . = $1^{m},51$
Course effective. . . . . = $1^{m},47$
La température de l'air extérieur était . = 0°.
Volume engendré dans chaque cylindre à chaque tour de la manivelle. . . . . . . = $5^{m.c.},26$
Le volume total lancé par 1'. . . . . . = $52^{m.c.},60$

D'un autre côté :

Le diamètre des buses. . . . . = $0^{m},0653$
La pression manométrique. . . . . . . = $10^{cent.},6$
La température de l'air qui sort du réservoir. . . . . = 0° centigr.
La température de l'air lancé dans le fourneau. . . . . = 131° c.

En supposant la pression atmosphérique égale à $0^{m},75$, on a, en calculant le volume d'air lancé par les deux buses, d'après la formule de M. d'Aubuisson. . . . . $48^{m.c.},84$

Dans les mêmes circonstances atmosphériques,

La 1re évaluation est trop forte de. . .	3m.c.,76
Soit.	7,7 p. 0/0

Mais lorsque la machine soufflante est en mauvais état, la réduction doit être encore plus forte.

Appareil à chauffer l'air.

L'appareil à chauffer l'air est construit sur le modèle de l'appareil de Calder en Écosse, à quelques légères modifications de forme près. Il se compose de 9 tuyaux coudés ou siphons renversés qui viennent s'ajuster sur 2 gros tuyaux horizontaux engagés dans la maçonnerie du foyer.

On ne brûle dans l'appareil que du menu charbon; on consomme 5 tonnes par jour. Tous les éléments de la production étant les mêmes qu'à Kœnigshütte, les produits sont aussi les mêmes; la fonte est peut-être plus grise en raison de la température de l'air chaud qui s'élève à 100° R.; comme elle est exclusivement destinée au moulage, on peut élever la température plus haut qu'à Kœnigshütte.

Conduite du haut-fourneau.

La conduite du haut-fourneau est la même qu'à Kœnigshütte; une charge se compose constamment de 2 tonnes de coke; la quantité de minerai et de castine est seule variable. On met à la fois dans le fourneau 3 charges. De 1831 à 1833 on a chargé en moyenne 8.016 $\frac{2}{3}$ fois, soit 12,fois3 en 24 heures.

Une charge s'est composée moyennement de :

2 tonnes de coke.
3q,33 de minerai hydraté.
1 ,48 de minerai carbonaté grillé.
1 ,29 de castine.
0 ,23 de vieille fonte.

L'emploi de l'air chauffé à 100° R. a permis d'élever la charge de minerai jusqu'à 6 quintaux $\frac{1}{8}$ au lieu de 4 $\frac{1}{2}$ à 5 quintaux au plus. Les charges des-

cendent moins vite, mais elles sont plus riches, et finalement la production est augmentée. Le travail du creuset et la coulée se font comme à Kœnigshütte; on nettoie le creuset trois fois en 12 heures. On coule deux fois par jour. On coule une partie de la fonte dans des moules; l'excédant est coulé, sur une aire grossièrement dressée, en plaques de 1 à 2 pouces d'épaisseur; elle est ensuite cassée en morceaux et refondue au cubilot. Toutes les 5 semaines on enlève les cadmies qui se déposent au gueulard.

Le haut-fourneau emploie 7 hommes en 24 heures, 2 fondeurs qui se relayent, 4 ouvriers pour élever les charges et charger, 1 aide de jour pour enlever les laitiers.

Résultats numériques. Le tableau suivant présente les résultats numériques de plusieurs campagnes à l'air froid et de la première campagne à l'air chaud qui a duré 83 semaines.

DATE ET DURÉE des campagnes.	2 TONNES DE COKE ONT PORTÉ : Minerai.	Castine.	Total.	Production par semaine.	Rendement du minerai.	POUR 1 QUINTAL DE FONTE. Coke.	Minerai.	Castine.
3 campagnes à l'air froid; depuis 1831 jusqu'en juillet 1835.	quint. 4,66	quint. 1,27	quint. 5,93	quint. 415,76	p. 100. 33,90	tonn. 1,23	quint. 2,94	quint. 0,80
42e campagne. 83 semaines. Décembre 1835 à juin 1837.	6,33	1,56	7,89	580,00	34,21	0,91	2,92	0,72
Différence.	1,67	0,29	1,96	164,25	0,31	0,32	0,02	0,08

Il résulte des nombres rassemblés dans ce tableau que, pour la première campagne à l'air chaud, l'économie moyenne de combustible a été de 26 p. 0/0, celle de castine de 10 p. 0/0; l'augmentation de production journalière de 38 p. 0/0. La deuxième campagne à l'air chaud n'est pas terminée, mais elle présentera des résultats moins avantageux parce que la température a été maintenue constamment plus basse.

Les résultats qui précèdent ne peuvent pas faire connaître d'une manière aussi précise les effets de l'air chaud, que ceux de Kœnigshütte, parce qu'ils se rapportent à un haut-fourneau qui reçoit une quantité de vent très-variable, en raison de la nature du moteur de la machine soufflante, et les résultats qui sont présentés en masse pour les 83 semaines à l'air chaud correspondent à des températures très-variables.

Jusqu'au milieu de la 7ᵉ semaine on a lancé de l'air froid dans le haut-fourneau; depuis cette époque jusqu'à la 11ᵉ semaine on a lancé pendant le jour de l'air chauffé jusqu'à 230° R., et pendant la nuit de l'air froid; on a obtenu par là une très-bonne allure.

A partir de la 11ᵉ semaine, à l'exception des 14ᵉ et 15ᵉ, pendant lesquelles on a fait quelques réparations à l'appareil, on a fait marcher le fourneau à l'air chaud sans interruption. De la 15ᵉ à la 23ᵉ semaine, la température a varié de 100° R. à 120°; l'allure est restée très-bonne.

De la 23ᵉ à la 35ᵉ, température 120° à 150°, quelquefois mouvement irrégulier des charges; fonte très-grise et très-liquide.

De la 36ᵉ à la 44ᵉ, température 160°; le plus sou-

vent allure très-chaude. On a diminué les charges à cause de la faiblesse du vent

De la 45e à la 51e, température 140° à 160°. On a augmenté de nouveau les charges; la fonte est restée très-chaude et d'un gris foncé.

De la 51e à la 70e. A partir de la 51e semaine jusqu'à la 56e, on a fait graduellement descendre la température jusqu'à 100° R., et en même temps, l'allure du fourneau restant toujours très-chaude, on a pu faire monter la charge de minerai jusqu'à 7 quintaux, à tel point que dans la 57e semaine, la production s'est élevée jusqu'à 753 quintaux. L'allure s'est maintenue également bonne avec la même charge de minerai, jusqu'à la fin de cette période. La production par semaine a été rarement au-dessous de 700 quintaux.

A partir de la 71e semaine jusqu'à la fin de la campagne, l'irrégularité de la descente des charges et la mauvaise qualité du charbon nécessitèrent une diminution de la charge de minerai.

La fonte resta néanmoins très-liquide. Les tuyères en cuivre ordinaire résistent très-bien à l'air chaud. Une paire de tuyères, placée à la 15e semaine, résista très-bien pendant 68 semaines jusqu'à la fin de la campagne, sans être mise hors de service; tandis qu'à l'air froid les tuyères résistaient rarement au delà de 24 semaines.

Influence de l'air chaud sur la marche du fourneau.

L'emploi de l'air chaud a amené à Gleiwitz tous les changements auxquels on devait s'attendre d'après les résultats obtenus à Kœnigshütte; le travail est devenu plus facile, les tuyères plus brillantes. Il y a eu en même temps élévation de température à la partie inférieure et abaissement de température à la partie supérieure du fourneau. Les faits relatifs à la condensation des cadmies se sont reproduits de

même à Gleiwitz; maintenant on les enlève toutes les 5 semaines, sans être obligé de faire marcher le fourneau à l'air froid. Cette opération est du reste plus facile qu'à Kœnigshütte, parce que le fourneau est moins haut, et la plate-forme est plus large, ce qui permet de circuler autour du gueulard.

La qualité de la fonte a été altérée par l'emploi d'une haute température : c'est pour cela qu'on ne chauffe plus le vent qu'à 100° R., 110° au plus.

Une trop haute température fait perdre à la fonte sa ténacité (*Haltbarkeit*); la fonte à l'air chaud ne convient pas pour les pièces de résistance, mais à cette température de 100° R. elle convient encore très-bien pour les poteries, les poêles, les objets d'ornements, etc.; elle a plus de liquidité et se moule mieux. Il paraît même qu'elle convient mieux pour les poêles en fonte; ces poêles se brisent ordinairement à la hauteur de la grille; on assure que les poêles fabriqués avec de la fonte à l'air chaud refondue dans les cubilots à l'air chaud, sont moins sujets à se briser ainsi. Je ne sais pas jusqu'à quel point on doit ajouter foi à cette assertion; quant à l'infériorité de la fonte fabriquée à une haute température, elle est certaine; ce fait seul qu'on n'échauffe plus l'air qu'à 70° à 100° R., est du reste la meilleure preuve à en donner.

CHAPITRE III.

DES CUBILOTS.

L'usine de Gleiwitz, la seule dans laquelle nous ayons vu des cubilots en activité dans la Haute-Silésie, en renferme quatre : deux sont dans le même corps de bâtiment que le haut-fourneau

et reçoivent le vent de la même machine soufflante; les deux autres sont placés dans un atelier à part, consacré spécialement au moulage des poteries et des petits objets d'art connus sous le nom de fer de Berlin; ils reçoivent le vent d'une machine soufflante à double effet, mise en mouvement par une machine à vapeur de 8 chevaux de force. Il n'y a ordinairement que deux cubilots en activité, un dans chaque atelier; l'un sert pendant qu'on répare l'autre.

Construction des cubilots.

La *Pl. IV* présente plusieurs coupes et élévations des cubilots placés dans la fonderie du haut-fourneau. Ces cubilots sont groupés sous un manteau en briques destiné à entraîner la flamme hors de l'atelier. Ce manteau est soutenu sur des supports en fonte, d'une construction simple et élégante, reposant sur une taque en fonte à rebords, *a a*, *fig.* 2 à 5. Les montants sont à jour, ils sont réunis entre eux et à la taque inférieure par des boulons; la pièce de fonte, qui forme le milieu de la face antérieure, est façonnée en arcade et laisse un espace suffisant pour le travail de la coulée; les deux pièces latérales et les deux pièces du milieu de la face postérieure sont également taillées en arcades, pour livrer passage au chargeur et faciliter l'accès des tuyères de derrière où sont placés le manomètre et le thermomètre. Les *fig.* 1, 2, 3, 4 et 5, font voir tous les détails de ces pièces de fonte. Elles supportent une taque rectangulaire à rebords *b b*, assujettie au moyen de boulons et d'écrous, et qui sert de base à la maçonnerie du manteau (*fig.* 1, 3, 4, 5 et 6). Celui-ci est construit en maçonnerie légère, et est relié par des ancres *c*, *c*, *c*. Le vide intérieur est partagé en deux compartiments jusqu'à la hauteur de 10 pieds, par un mur vertical. Chaque cubilot repose sur un fondement en briques de forme cy-

lindrique, A, *fig.* 1, 3 à 5, de 18 pouces de haut et 4 pieds de diamètre. Ce massif forme une tour annulaire dont le vide intérieur est bourré d'argile réfractaire fortement tassée. Il supporte une plaque annulaire en fonte garnie extérieurement d'un rebord, et dont le vide intérieur a un diamètre précisément égal à celui de la cuve du cubilot. Ce rebord ou bourrelet B s'ouvre à la poitrine du fourneau, et dans ce point la plaque de fond forme une saillie C (*fig.* 1 et 2), qui sert à soutenir la rigole de coulée. Cette plaque de fond est fendue suivant un rayon, pour qu'elle puisse résister à la dilatation irrégulière que tend à produire l'inégale distribution de la chaleur, du centre à la circonférence extérieure. La cuve du cubilot, bâtie en briques réfractaires, repose immédiatement sur cette plaque; elle s'élève verticalement jusqu'à la hauteur des tuyères, et à partir de ce point elle se rétrécit intérieurement en prenant une forme légèrement conique; son épaisseur est égale à la longueur des briques, 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les dimensions sont à la sole 21 à 22 pouces, au gueulard 15 à 16 pouces. La hauteur totale est de 8 pieds; la sole en argile s'élève jusqu'à 5 pouces au-dessus de la plaque de fond; les tuyères en cuivre sont placées en regard, horizontalement et à 18 pouces au-dessus du fond. Ces tuyères sont à eau, et elles ont de 2 pouces à 2 pouces $\frac{1}{4}$ de diamètre. La cuve du cubilot est renfermée dans un cylindre en fonte de 1 pouce d'épaisseur, formé d'une seule pièce, ou de 2 pièces emboîtées l'une dans l'autre et de 4 pieds de hauteur chacune. Le vide qui reste à la partie supérieure entre les briques et la fonte est rempli avec du sable. Le tout est recouvert d'une plaque annulaire D (*fig.* 3), semblable à la plaque de fond.

La chemise en fonte est percée à la partie inférieure d'une ouverture de 10 pouces $\frac{3}{4}$ de large et 17 pouces de haut pour la coulée, et vers le quart de la hauteur de deux ouvertures de 6 pouces de haut et 8 pouces de large pour les tuyères. L'eau est amenée aux tuyères par des tuyaux *x*, *x*, et s'échappe après avoir produit son effet par les tuyaux *y*, *y*, représentés en lignes ponctuées sur la *fig.* 2. La sole du cubilot est formée d'argile réfractaire et de sable quartzeux, elle incline vers la porte.

Appareil à chauffer l'air.

Les cubilots avaient été construits pour marcher à l'air froid; l'appareil à chauffer l'air n'a été ajouté qu'après coup. Il se compose d'une suite de tuyaux recourbés qui s'élèvent au-dessus du foyer et dans lesquels l'air vient passer successivement. L'extrémité de cette conduite vient aboutir sur le milieu d'un tuyau dont la forme est celle d'un demi-tore et qui repose sur la plaque de fonte supérieure.

Cet appareil, dont les différentes figures montrent clairement la disposition, repose sur deux taques en fonte E, E (*fig.* 1, 3, 4 et 6), supportées aux deux extrémités par la maçonnerie et dans l'intervalle par des tasseaux en fonte F, F (*fig.* 1, 3, 4 et 6), boulonnés sur le cadre et les supports en fonte qui soutiennent le manteau. Une taque de fonte G (*fig.* 3, 4 et 6), placée en travers sur les deux autres, porte les tuyaux de l'appareil appliqués contre la séparation des deux cheminées. Pour concentrer la chaleur, on a recouvert l'appareil d'une voûte en briques qui repose sur les mêmes taques de fonte; cette voûte n'est percée sur le devant que d'une fente étroite H (*fig.* 1), par où toute la flamme doit passer; l'air, après avoir circulé dans les tuyaux du fond, achève de s'échauffer dans les tuyaux du devant qui sont entièrement plongés

dans la flamme. Les flèches marquées sur les différentes figures montrent suffisamment la route que l'air suit dans l'appareil.

Le devis suivant indique le prix des différentes parties de l'appareil. **Devis de construction de l'appareil.**

1° Pour les pièces en fonte :

	Thal.	Silbergr.	Pf.
a. Frais de modèles	39	21	0
b. Salaire des mouleurs.			
1° 20 quintaux 76 livres à 3 s.g.,75 le quint.	2	17	4
2° 16 quintaux 31 livres à 5 s.g. »	2	21	5
3° 4 » 36 10 »	1	13	3
4° 15 » 38 15 »	7	20	2
5° 50 » 103 20 »	33	28	9
c. Valeur de la fonte, outils consommés.	36	19	10
d. Frais de refonte au cubilot de 91 *quintaux* 72 *livres, à* 8 *s. g.* 5 *pf. le quintal*	25	21	5
(Les 15 quintaux 102 livres restants ont été moulés en 1re fusion.)			
e. Frais de nettoyage des 107 *quintaux* 64 *livres à* 6 *pf. le quintal*	1	28	9
Total	152	11	11

2° Pour les tuyères en cuivre :

	Th.	Sg.	Pf.
2 *tuyères en cuivre à eau*	53	6	»
Tuyaux de conduite pour l'eau, en cuivre, et frais de pose	23	14	3
Total	76	20	3

3° Frais de main-d'œuvre :

Frais de forge à la caisse de distribution du vent	2	1	9
Pose de l'appareil	24	15	6
Total	26	17	3

	Thal.	Silbergr.	Pf.
La dépense totale s'est élevée à	255	19	5
Soit	958f.	68c.	

On a reconnu maintenant que l'on pouvait très-bien construire des tuyères à eau en fonte; cette modification diminue beaucoup les frais d'établissement de l'appareil.

Conduite de l'opération.

On refond dans les cubilots la fonte du haut-fourneau qui n'a pas été moulée en première fusion; la fonte de Kœnigshütte, les jets et autres débris de moulage (*Brucheisen*). On emploie le coke pour combustible, maintenant on emploie presque exclusivement le coke des fours distillatoires. Deux hommes sont nécessaires pour la conduite du cubilot, un fondeur et un aide. Le cubilot ne marche que le jour, pendant 8 à 10 heures. Le matin le fondeur répare la sole et les parois du fourneau avec de l'argile réfractaire, pendant que son aide apporte la fonte et le coke qui doivent former la provision de la journée. Après avoir réparé la sole, le fondeur bâtit dans l'intérieur, en regard de la porte, un petit mur avec de gros morceaux de coke, en laissant un trou à la partie inférieure; lorsque ce mur est bâti jusqu'à la moitié de la hauteur de la porte, il jette par l'intervalle qui reste 2 à 3 pelletées de houille menue enflammée, et achève aussitôt de fermer la porte avec du coke. Il enduit alors d'argile réfractaire la surface de ce mur en coke, et ferme complétement la porte sur une épaisseur égale à celle de la maçonnerie intérieure; il adapte ensuite sur cet enduit une plaque de fonte garnie d'une oreille qu'il engage entre les briques et la chemise en fonte. Cette plaque est percée au milieu d'une fente verticale qui permet de faire la coulée à différentes hauteurs, suivant la quantité de fonte nécessaire. Lorsque tout est ainsi disposé, avec un bâton pointu il perce un trou à la partie inférieure en regard de l'ouverture ménagée dans

le coke pour livrer passage à l'air; il remplit la cuve de coke qu'il abandonne à lui-même et qui s'allume peu à peu. Lorsque la flamme paraît au gueulard, il donne le vent et commence à charger la fonte; cela arrive ordinairement 2 heures après que la cuve a été remplie de charbon; lorsqu'elle est neuve, on donne quelquefois plusieurs charges de coke à vide après avoir donné le vent. La fonte paraît à la partie inférieure environ $\frac{1}{4}$ d'heure après qu'on a mis la première charge. Le fondeur ferme alors le trou de coulée avec un tampon d'argile. Il juge à l'inspection de la flamme qui sort du gueulard, et surtout de la fonte pendant la coulée, de l'allure du fourneau, et règle en conséquence les charges. Pour faire la coulée il perce la digue d'argile avec une verge de fer pointue, à une hauteur en relation avec la capacité des pots qu'il faut remplir. Le fondeur exécute la mise en feu et surveille la coulée; il charge la fonte et le coke avec l'aide; il reçoit 8 silbergr. par jour et l'aide 6 silbergr., soit 1 fr. et 0fr.,75.

Les buses ont de 1 pouce $\frac{3}{4}$ à 1 pouce $\frac{5}{8}$ de diamètre, et la pression du vent est de 1 livre en moyenne. La température varie de 170° à 190° R.; les tuyères restent brillantes, le fondeur n'a besoin de les nettoyer qu'à des intervalles assez éloignés. Le cubilot peut contenir à la fois 6 quintaux de fonte. La charge de fonte est variable suivant l'allure du fourneau, et surtout suivant la nature du combustible. Une charge de coke de $\frac{1}{6}$ de tonne porte ordinairement 2 quintaux $\frac{1}{2}$ pour le theercoak, 1 quintal $\frac{1}{2}$ pour le meilercoak et 1 quintal pour le backcoak. Les charges de fonte sont un peu plus faibles au commencement et plus fortes à la fin quand le fondage se prolonge. L'aide charge

le coke dans un bac qu'il porte sur sa tête et qu'il renverse dans le fourneau; la fonte est chargée à la main. A la fin, lorsqu'il s'est accumulé trop de laitiers, le fondeur ajoute quelques morceaux de calcaire pour les rendre plus liquides. On fait 7 à 8 charges par heure. Le déchet est de 6 à 7 p. o/o. Avec ce travail journalier de 8 heures, un fourneau dure 3 à 4 semaines, sans réparation majeure; c'est surtout au-dessus des tuyères qu'il se dégrade.

Consommation. Le tableau suivant présente le relevé des consommations pendant le séjour que j'ai fait à Gleiwitz.

	Nombre de quintaux par charge.	Nombre de charges.	Tonnes de theercoak.
10 décembre 1838.	2 $\frac{1}{2}$	35	8
11 » »	2 $\frac{1}{2}$	33	8
12 » »	2 $\frac{1}{2}$	37	9
13 » »	2 $\frac{1}{2}$	34	8
14 » »	2 $\frac{1}{2}$	33	8
17 » »	2 et 2 $\frac{1}{4}$	14+22=36	8
18 » »	2 $\frac{1}{4}$	36	8
19 » »	2 $\frac{1}{2}$	27	7
20 » »	2 $\frac{1}{2}$	32	8
Total. . .	736 quint.	»	72 tonn.

100 quintaux de fonte ont exigé $9^{ton.}$,7 de theercoak (y compris l'échauffement du fourneau).

Soit 23,6 p. 0/0, à $2^{t.}$,49 la tonne de theercoak.

Emploi de l'air chaud. Pour constater par des expériences précises les résultats de la substitution de l'air chaud à l'air froid, l'administration de l'usine a fait faire plusieurs essais que M. l'inspecteur des usines Kalide a mis la plus grande obligeance à me communiquer. Ces résultats sont rapportés dans le tableau ci-joint, avec quelques autres résultats moins complets, mais également exacts.

NATURE du combustible.	Diamètre des buses.	Pression du vent.	TEMPÉRATURE de l'air.	Nombre total de charges.	COMBUSTIBLE Pour remplir.	COMBUSTIBLE Pour fondre.	COMBUSTIBLE Total.	QUANTITÉ totale de fonte refondue.	PAR HEURE on a fait passer. Nombre de charges.	PAR HEURE on a fait passer. Quantité de fonte.	POUR 100 QUINTAUX de fonte, combustible consommé : Pour fondre : 1 ton. pèse 1q.,54.		En tout :
	pouc.	par pouce carré.	0° R.		tonn.	tonn.	tonn.	quint.		quint.	tonnes.	quint.	tonnes.
Coke léger (backcoak) de qualité moyenne.	1 3/8	1liv. 1/8	Air froid.	294	12	45	57	288 1/4	14,70	14,41	15,60	24.02	19,70
Id.	1 5/8	15/16	110°-130°	224	12	36	48	281 1/4	10,79	13,57	12,77	19 65	17.30
Id.	1 1/4	11/16	170°-190°	135	8	22	30	202 1/2	10,80	16,20	10,86	16,72	14,80
Coke dur (theercoak) bonne qualité.	1 5/8	1 1/8	Air froid.	51	3 1/2	8	11 1/2	85 3/8	8,90	14,80	9,40	24.43	13 40
Id.	1 5/8	15/16	97°-134°	47	3 1/2	7 1/2	11	107 1/8	6,50	11,83	7,00	18,13	10,20
Id.	1 1/4	13/16	150°-190°	4.228	234	704	938	12.116 1/2	6,25	17,75	5,81	15,05	7,70
	Durée de la fonte.				Coke.	Houil.	Total.				Coke.	Houille.	Total.
Coke léger (avec 1/13 en volume de houille).	7 heures.		122°-140°	78	15 1/2	1	16 1/2	93	11,10	13,30	16t.,60	1t.,80	18t.,40
Houille crue (avec 1/3 meiler-coak).	8 1/4		199°-160°	65	3	10 1/2	13 1/2	83 1/2	7,40	9,50	3t.,59	12t.,57	total en coke. 13t.,65
Meilercoak seul.	»		Air chaud.	»	»	»	42	326 1/4	»	»	»	»	12.80

Le résultat avantageux de l'emploi de l'air chaud, sous le rapport de la quantité de combustible, ressort évidemment de l'examen des chiffres renfermés dans les deux premières cases du tableau; cette économie est très-forte et croît avec la température (il n'est question, bien entendu, que du combustible nécessaire pour fondre; la quantité de coke nécessaire pour chauffer la cuve est soumise à l'influence de trop de circonstances variables). Cette économie de combustible pour le coke léger est
de 18 p. 0/0 à la température moyenne de 120°.
de 25 p. 0/0 » » 180°.

Pour le coke dur :

» 25 p. 0/0 » » 120°.
» 38 p. 0/0 » » 170°.

Ces nombres font voir en outre que c'est pour le combustible le plus dense que l'économie est la plus considérable.

Le prix de la tonne de theercoak est évalué à.	17 silbergr.
A l'air froid, pour 100 quintaux, on consomme en tout.	13ton.,4
La dépense en combustible est.	7thal.,60
A l'air chaud (170°) pour 7ton.,7.	4thal.,36
Différence.	3thal.,24.

Pour 40.000 quintaux qui peuvent être refondus annuellement dans un seul cubilot, l'économie s'élèverait à 1.360 thalers, soit 5.100 francs pour le combustible seulement.

Les charges passent moins vite, mais la quantité de fonte par charge est plus grande; il en résulte une augmentation dans la production. Dans ces essais, la production s'est trouvée peu augmentée parce que la quantité de vent a été beaucoup diminuée; si la quantité d'air lancée par 1′ était restée la même, il y aurait eu augmentation considérable

dans la production journalière. On peut en juger par les résultats des deux dernières lignes de chaque case; la buse a été élargie, et quoiqu'en même temps il y ait eu diminution de pression, le volume d'air à 0°, lancé par 1', est resté le même et égal à 13 mètres cubes; la production par heure s'est élevée de 13q.,57 et 14q.,83 à 16q.,20 et 17q.,75. A l'air froid la quantité de vent, lancée par 1', était de 21 mètres cubes.

Les résultats rapportés dans la dernière case font voir qu'on peut employer la houille crue, mais sans économie de combustible. Les charges descendent plus lentement; la flamme devient plus considérable au gueulard, elle est plus dangereuse pour le chargeur. Il se dégage des vapeurs très-chargées d'hydrogène sulfuré qui s'enflamment quelquefois avec fracas. La fonte dégage une odeur sulfureuse remarquable; elle est peu liquide, les tuyères s'obscurcissent et s'obstruent facilement; pour rétablir la marche du fourneau il faut recharger du coke.

L'air préalablement chauffé est pareillement employé à la fonderie royale de Berlin; on nous a indiqué une très-grande économie de combustible. On admet dans cet établissement qu'on ne doit refondre au cubilot à l'air chaud que la fonte obtenue à l'air froid dans le haut-fourneau, si l'on veut obtenir de bons produits. La fonte à l'air chaud doit être refondue à l'air froid dans les cubilots.

L'air chaud, dans les cubilots, a produit comme dans les hauts-fourneaux une concentration remarquable de la chaleur dans la région des tuyères; par suite, la cuve, qui autrefois s'élargissait en se dégradant vers la partie supérieure, ne souffre plus maintenant que dans le bas. Cette concentration

de la chaleur est telle, qu'elle a permis de refondre la fonte dans des cubilots au charbon de bois de 6 à 8 pieds de haut, ce qui eût été difficile à l'air froid. Le déchet est diminué. La fonte refondue à l'air chaud ne paraît pas perdre en qualité, seulement elle se contracte un peu plus. La fonte est bien plus liquide et se moule mieux, on peut transporter les pots qui la renferment dans des ateliers éloignés sans qu'elle cesse d'être assez liquide.

(*La suite à la prochaine livraison.*)

NOTICE

Sur les bassins houillers de la partie orientale de la chaîne des Pyrénées ;

Par M. A. PAILLETTE.

La partie orientale de la chaîne des Pyrénées, dont les contre-forts ont presque tous été influencés par le soulèvement du groupe du Canigou, présente soit au nord, soit au sud, plusieurs gîtes houillers que la rareté sans cesse croissante du combustible végétal, rend de plus en plus intéressants.

Je me propose, dans ce travail, d'examiner leurs relations avec d'autres formations circonvoisines, et les ressources qu'ils peuvent fournir à l'industrie.

Leur position sur les deux versants les divise naturellement en deux systèmes : 1° ceux du nord ou de la France ; 2° ceux du sud ou de l'Espagne.

PREMIÈRE PARTIE.

BASSINS HOUILLERS DE LA FRANCE.

§ 1er. *Mines de Ségure ou de Tuchan.*

A une certaine distance de la petite ville d'Estagel, et tout près du bourg de Vingran, se dessine à l'horizon une rangée de hautes buttes d'un calcaire généralement gris-clair. Cette série de pointes suit une ligne à peu près droite, marchant dans la direction de Quillan, c'est à-dire de l'est à l'ouest.

Elle forme l'un des contre-forts du chaînon oriental des Pyrénées, et fait partie du groupe de petites montagnes désignées sous le nom de Corbières, dont la nature géologique a été si bien décrite par M. Dufrénoy (1).

Le bourg de Tuchan est situé à l'extrémité d'une belle plaine qui se développe au nord de cette bande calcaire, à partir du village de Pasiols, assis lui-même sur les dernières pentes du revers septentrional.

Bientôt le terrain s'étrangle de nouveau, présente une physionomie accidentée, et on rencontre, après une heure de marche continue vers le nord, la galerie de la mine à laquelle on a assigné le nom de Ségure.

Pour peu qu'on examine les environs de l'endroit où se trouve le point principal d'extraction, et qu'on gravisse les sommités les plus élevées, on acquiert bientôt des données positives sur l'étendue et l'ensemble des couches du terrain houiller.

Il est limité, au nord et au nord-ouest, par des couches schisteuses appartenant au terrain de transition du système Cambrien. Au sud-ouest, il est recouvert par un grès quartzeux rougeâtre qui semble dans tous ses caractères présenter ceux du grès de la craie (2).

Du côté de l'ouest, au contraire, le terrain houiller est relevé par une zone de porphyre à base de feldspath, s'étendant du ravin de la Tuilerie jusqu'au delà du château de Ségure, por-

(1) *Annales des mines*, tome VIII, 2e série.

(2) Ce fait est surtout sensible à l'extrémité du ravin de la Tuilerie.

phyre qui, de même que celui de la bande de l'est, sépare le terrain houiller d'avec les schistes de transition.

On ne sait pas au juste à quelle époque faire remonter la découverte de la mine de Tuchan; Gensanne et d'autres naturalistes du siècle dernier en parlent, mais ne disent pas si cette mine était en activité. Historique.

Ce qui paraît cependant à peu près certain, c'est que vers l'an 1678, M. le maréchal de Vauban, inspecteur des fortifications, exploita quelque peu de houille dans les environs de Tuchan, pour cuire les briques destinées à l'exécution de ses projets sur Perpignan.

Plusieurs motifs semblent valider la réalité de cette assertion : la découverte dans les bastions de la citadelle de briques du modèle flamand, portant encore dans leur intérieur des fragments de houille; la rencontre de vieux travaux ignorés, de roues de brouettes, de lampes en terre, et surtout d'une pompe dont le piston avait pour tige un canon de fusil de guerre.

Cette opinion ne sera peut-être pas adoptée par tout le monde, mais il me semble que la grande analogie de la houille de Tuchan avec celle du nord, dite de Fresnes, a dû engager les ouvriers de M. de Vauban à s'en servir.

A une autre époque, MM. de Cascastel, Durand et Catala firent des tentatives qui ne furent pas heureuses, soit parce que le pays regorgeait alors de bois, soit à cause des chemins praticables à peine pour des mulets, soit enfin en raison de la mauvaise qualité des houilles extraites.

Depuis, ces mines ont appartenu à la société des forges de Ria, et il a été exécuté par elle une

série de travaux, presque tous sur les affleurements, qui ont produit diverses qualités de houille.

Plus tard, cette société ayant été obligée de se liquider, M. Bonneau de Launoy d'abord, et MM. W. Bothlingk ensuite, ont entrepris un certain nombre d'ouvrages souterrains sur lesquels il sera bon de s'arrêter. La société G. Maillard et comp. en a fait entreprendre d'autres qui complètent à peu près la série d'éléments nécessaires à une bonne exploitation. Mais, avant d'en parler, il est utile de jeter un coup d'œil sur la configuration du terrain houiller.

Physionomie du terrain houiller de Ségure.

Lorsqu'on a convenablement déterminé les limites et les contours du bassin, au moyen de points facilement remarquables, et qu'on a jeté une série de jalons naturels servant de repère, de façon à planer pour ainsi dire sur l'ensemble du terrain houiller de Ségure, on n'est pas longtemps à s'apercevoir que sa forme assez irrégulière s'étrécit au nord comme au sud, après avoir éprouvé deux renflements, dont l'un semble devoir être plus important que l'autre.

Placé sur le sommet de la butte qui domine Quintillan, et par conséquent sur le prolongement du grand axe de la formation houillère, l'observateur reconnaît avec facilité que la configuration des monticules s'accorde d'une manière assez simple avec les redressements des couches de grès, redressements produits par des porphyres dont le système est lui-même sensiblement parallèle à la plus grande ligne qu'on puisse tirer dans le bassin houiller.

Cette opinion ne sera peut-être pas admise par les personnes qui veulent que les porphyres

soient sortis avant le dépôt du terrain houiller, et cela par suite de la rencontre de quelques rares galets de porphyre dans les roches houillères; mais il n'est guère possible de penser autrement que je ne le fais, lorsqu'on a vu le bouleversement du ravin des Tuileries, le pendage rapide (70°) de la recherche ancienne dite du nord, enfin l'accident du puits de Quintillan, qui, après avoir rencontré le grès houiller, a percé une masse porphyrique intercalée. (*Voir fig.* 1, *Pl. V.*)

Si des régions élevées on descend par une série de rayons sur le centre des exploitations, et si l'on parcourt en outre chacun des espaces intermédiaires, on trouve, et de façon à n'en plus douter, qu'il y a encaissement complet, délimitation parfaite du groupe charbonneux.

Ainsi, le terrain de transition composé de schistes argileux plus ou moins feuilletés, et avec des directions sans cesse variables depuis la sortie de Tuchan jusqu'à 100 mètres de la mine, commence à montrer un orientement plus défini dans les alentours de l'exploitation.

La ligne N.-S. paraît être le sens de la boussole qui affecte plus spécialement ces couches, et celles de même nature qui composent, du côté de Palayrac, Maisons, etc., la masse du système Cambrien.

Ce groupe paraît aussi avoir été influencé par les porphyres nombreux qui y sont enclavés, et qui semblent s'être soulevés, lorsque le terrain lui-même possédait déjà une certaine inclinaison par rapport à la ligne horizontale.

Ces porphyres de couleur assez peu constante varient néanmoins entre le gris-clair et le blanc sale du feldspath terreux.

Quelquefois très-compactes, ils sont à base de feldspath avec petits cristaux de quartz et d'amphibole. Dans d'autres endroits la pâte est toujours la même, mais le porphyre se désagrège facilement à l'air, et donne lieu à un argilophyre par la décomposition de ses éléments. (Ravin de la Tuilerie.)

Au contact du grès houiller ou du moins à une petite distance de la ligne de séparation, ils ont été tellement modifiés et ont eux-mêmes tellement changé la roche houillère, qu'on trouve une formation d'amygdaloïde à noyaux de calcaire cristallin opaque ou transparent, et de quartz calcédoine ou agatoïde. Toutes les petites amandes sont enchâssées dans une masse pétro-siliceuse dont les couleurs varient beaucoup, et peuvent fournir des teintes blanchâtres, grises, rouge-claires.

Ce phénomène paraît en tout semblable à quelques-uns de ceux observés en Bretagne, dans les roches porphyriques qui percent les grauwackes.

Cette roche amygdaloïde est quelquefois tellement près de la couche de houille que des morceaux s'y sont encastrés. (Ancienne recherche du nord près la rivière.)

On conçoit donc *à priori* d'où peut provenir la sécheresse des houilles de Ségure; n'est-il pas évident que la sortie des porphyres ne soit la seule cause de cette particularité, et n'y a-t-il pas mille raisons de croire que jamais le charbon ne deviendra plus gras, puisque la roche plutonique suit d'une manière fort remarquable toute la zone houillère.

La galerie d'écoulement de Ségure peut donner

une idée de la suite des terrains et de leur succession à partir de celui de transition. Les cotes suivantes que nous avons mesurées avec M. Schlisler, lors du levé des affleurements de la mine, serviront à fixer les idées sur ce sujet.

A partir de l'orifice de la galerie, on trouve environ 93 mètres de schistes argileux verdâtres plongeant moyennement de 40 à 45° vers le N.-N.-O., quoiqu'on rencontre souvent des pendages en-dessus et en-dessous de ces valeurs.

Viennent ensuite 21 mètres de schistes rouges, 5 mètres d'argile noirâtre très-dure, 11 mèt. de porphyre contenant des veines de chaux carbonatée, 7 mèt. d'argile verte et rouge, 3 mèt. d'argile endurcie. Enfin une masse de porphyre et d'amygdaloïde d'une centaine de mètres de puissance.

Sur les porphyres ou les roches porphyroïdes repose le grès houiller plus ou moins modifié, avec des schistes argileux de cette formation également altérés. On reconnaît au milieu d'eux une couche de houille de 0^{m},80 à 1 mètre, très-schisteuse, pouvant à peine brûler, et offrant çà et là des veinules d'un charbon noir, brillant, léger, semblable à de véritable anthracite.

Fort près d'elle est apparue une nouvelle couche d'une dizaine de centimètres, à peine visible, fort brouillée. Bientôt a succédé à celle-ci une troisième couche puissante de 0^{m},50 à 0^{m},60, mais non susceptible d'exploitation à cause de la mauvaise qualité de ses produits.

Enfin, on a rencontré une quatrième couche épaisse de 1 mètre environ, et pouvant fournir en moyenne 40 centimètres d'une bonne houille

maigre, un peu cendreuse il est vrai, mais d'une combustion agréable.

C'est sur cette couche que sont dirigés les travaux d'exploitation dont je parlerai tout à l'heure.

Le grès qui lui sert de mur est toujours très-feldspathique avec peu de mica et souvent noduleux, ainsi qu'on peut le voir dans la fendue de la grande mine. Son toit est au contraire formé par un schiste luisant, véritable argile schisteuse endurcie, qui contient le peu de variétés d'empreintes végétales rencontrées dans les houillères de Ségure.

Dès qu'on cherche au jour les affleurements des couches, on n'est pas longtemps à s'apercevoir qu'elles sont brouillées, et semblent se réunir en une seule au N.-E., c'est-à-dire du côté de la Petite-Mine. On voit aussi qu'elles s'éloignent l'une de l'autre à mesure qu'on avance du côté du ruisseau venant de la Tuilerie Viala.

Les grès superposés à ces couches sont souvent grossiers, et passent alors à un poudingue houiller dont les noyaux de quartz ou de schiste argileux endurci, sont reliés entre eux par les éléments du grès houiller lui-même. La plupart de ces bancs plongent aussi d'environ 30° vers le N.-O.

Le géologue qui poursuit le terrain houiller dans son prolongement vers le sud et du côté de la Tuilerie Viala, s'aperçoit très-vite des dislocations éprouvées par le système dans les parages que je cite.

En effet, sur les bords du ruisseau et du ravin, on voit les deux bandes de porphyre encaissant le bassin, se rapprocher de plus en plus. Les couches bouleversées à chaque instant prennent des di-

rections et des inclinaisons différentes des premières. Dans le ravin tout est encore plus brouillé. Les couches ont une direction qui marche suivant une ligne N.-S. magnétique ou N. 22° E. avec pendage à l'est.

Malgré cela, elles renferment une certaine quantité de houille d'assez belle apparence, mais qu'une tentative a prouvé ne pas avoir de suite. Les dernières pentes du ravin montrent sur les faces latérales de beaux bancs de poudingue houiller avec des empreintes de palmiers, de calamites, de roseaux, etc.

C'est après l'avoir parcouru et complétement étudié, qu'on est amené à conclure que le terrain houiller possède dans cette localité une physionomie déterminée par les *fig.* 2, 3 et 4, *Pl. V.*

Vers le haut, le porphyre semble disparaître, et on trouve des couches houillères également bien caractérisées par des grès et poudingues dont plusieurs galets sont porphyriques.

Parvenu sur le point culminant d'où les eaux s'écoulent vers la tuilerie, on a cru remarquer que les couches houillères *plongeaient sous des grès appartenant aux premières assises de la formation crétacée;* mais je me hâte de dire que je n'ai pas la moindre garantie de ce fait, qui serait cependant bien important pour l'avenir de Ségure, et qui a le malheur de ne pas être facile à déterminer.

Du côté de Notre-Dame de Faste et du château de Ségure, le terrain houiller s'appuie derechef sur un porphyre qui ne ressemble pas à celui reconnu par la galerie d'écoulement. Il est compacte, blanc ou gris-rougeâtre; il n'est altéré

que dans la partie dite le Ravin de la Tuilerie.

Quoi qu'il en soit, ce porphyre encaisse le terrain houiller et redresse les couches de façon à leur imprimer en certains endroits un pendage prononcé vers l'est. On voit effectivement des affleurements brouillés qui possèdent une inclinaison dans ce sens.

Derrière les porphyres de Ségure, existent des couches de terrain schisteux ancien, recouvertes par du grès vert avec gypse.

Vers le nord de l'exploitation principale et au sommet d'une montagne dominant le ruisseau de Ségure, on ouvrit jadis une recherche qui paraît n'avoir rencontré qu'une seule couche, ainsi que l'a prouvé la reprise opérée récemment. Cette couche, dont la direction était N. 15° E. magnétique, ou N. 37° E., forme, avec l'horizon, un angle de 60° vers l'ouest; angle qui est à peu près celui du porphyre et des couches environnantes.

Une galerie a été menée dans le sens de la direction du côté du sud. Régulière d'abord, la couche de houille s'est ensuite étranglée en s'amincissant considérablement, et en affectant une direction et une pente fort différentes de celles originelles, comme si elle s'était complétement modelée sur le porphyre, ou avait suivi chacune des ondulations porphyriques.

L'affleurement de charbon qui a déterminé la recherche dont je viens de parler, traverse la rivière de Ségure, et reparaît sur sa rive gauche. Les couches y étant moins inclinées à la surface, on a creusé, pour parvenir à la houille, un puits vertical qui a été percé d'abord dans des poudingues, puis dans des couches de grès houiller très-

dur, difficile à définir, à grains très-fins, d'un aspect semi-porphyroïde, avec direction N.-S. magnétique, ou N. 22° E. et 50° environ de pendage vers l'O. N.-O. Enfin ce puits a rencontré, dans les derniers temps, une couche de bonne houille maigre, à une profondeur de 95 pieds.

On est en train de la reconnaître en allongement vers le nord et vers le sud; mais jusqu'à ce jour on ne peut encore rien dire de son allure définitive, parce que celle-ci a été un peu irrégulière. Son pendage, extrêmement rapide, offre une bizarrerie remarquable de désaccord entre les inclinaisons qu'on remarque à la superficie, du côté de la route de Palayrac, et celle qué la couche de charbon possède réellement.

Si l'on remonte encore du côté de Quintillan, on tombe sur une petite maison isolée, tout près de laquelle existent des vestiges d'une vieille galerie d'écoulement percée perpendiculairement à la direction des couches. Elle a sans doute eu pour but d'assécher des travaux dont on reconnaît les traces par les effondrements qu'ont produits des éboulis d'une date inconnue. Un autre puits, dit de Quintillan, a été entrepris pour arriver à la couche de houille. Cette couche doit être moins inclinée que les précédentes, car il a été impossible de prendre un pendage ou une inclinaison quelconque, lorsque je suis descendu dans ce puits le 5 mai 1838, époque à laquelle il avait 46 pieds environ de profondeur.

Partant de ce point, et faisant le tour du bassin houiller, on voit, en continuant le chemin par la gorge orientale menant à Quintillan, que les porphyres entrent dans les terrains de transition, les modifient, et que ceux-ci s'enfoncent près la grande

butte, sous les couches houillères (*fig.* 5, *Pl. V*).

A mi-côte de ladite butte, les schistes argileux ont une couleur rougeâtre, se délitent en fragments pseudo-réguliers, et sont doux au toucher.

Pour bien connaître les limites de la formation houillère, il faut, laissant le terrain de transition à main droite, c'est-à-dire au nord, se diriger rapidement vers l'ouest. Sans cela, on tombe encore sur une partie de sol étranglée par des schistes lustrés, carburés, appartenant au même système.

Non loin de ces schistes, on voit les premières assises houillères caractérisées par la présence de gros sphéroïdes de fer carbonaté lithoïde (1).

J'ai parlé précédemment d'un grès particulier, qui semblait recouvrir le terrain houiller du côté du Ravin de la Tuilerie. Ce grès qui, pour moi, représente la base du terrain de craie, me semble appartenir, malgré sa couleur, au grès vert proprement dit. Tous les fossiles rencontrés à Opouls, à Généгal, et quelques-uns de ceux du château d'Aquilaix, ne peuvent guère laisser de doute à cet égard.

Ce grès repose presque toujours sur le terrain de transition, ainsi qu'on peut s'en assurer tout près du village de Tuchan; mais entre Donneuve et Nouvelle, des couches analogues semblent s'appuyer sur un terrain marneux, liasique, caractérisé par de nombreux fossiles. Il est souvent à grains très-gros, ronds ou anguleux, ce qui lui

(1) Cette observation a été faite le 19 septembre 1836 en compagnie de MM. Walter et Cachelièvre, avec lesquels je parcourais la localité.

donne tantôt l'apparence d'un poudingue, tantôt celui d'une brèche.

Les grains sont la plupart du temps de quartz hyalin, opaque, enfumé, blanc laiteux, ou bien de schiste argileux (environs de Tuchan, depuis ce village jusqu'à Notre-Dame de Faste); dans d'autres couches, au contraire, les grains sont plus petits, assez fins (même localité). Et on peut dire que dans presque tous les cas les éléments sont agglutinés par un ciment terreux, avec oxide de fer qui les colore fortement, et leur donne une teinte souvent d'un rouge foncé.

Ces grès plongent sous différents angles dépendant de leur position respective. Parfois presque horizontaux, comme dans la plaine de Tuchan, ils passent ensuite sur les limites du terrain de transition à des inclinaisons de 12, 15, 20 et 25 degrés.

Près le Ravin de la Tuilerie, ils pendent de dix degrés, et entrent sous les assises calcaires qui forment la carcasse de la montagne de Tauch.

Les assises calcaires dont il est question ici sont très-communes et fort puissantes, depuis Estagel et Leucate jusque bien au delà de Ségure. Elles sont formées d'un calcaire quelquefois blanc saccharoïde (butte de Vespeil), d'autres fois un peu bitumineux et noirâtre (Vingran, Génégal); mais sa couleur la plus ordinaire varie du blanc grisâtre au gris un peu clair.

Il contient une série de fossiles, dont je mentionnerai les principales espèces dans un autre endroit de ce mémoire, mais qui suffisent actuellement pour classer ce calcaire dans des assises du terrain de craie, plus élevées que le grès vert proprement dit.

Description des travaux de Ségure.

On a déjà vu, par ce qui précède, que les travaux anciens consistaient surtout en descenderies, menées suivant l'inclinaison de la veine principale, et en galeries d'allongement pratiquées dans la couche.

Les pompes rencontrées prouvent qu'on y a eu souvent des eaux à combattre ; de là, sans doute, le percement de la vieille galerie d'écoulement déjà mentionnée.

La compagnie des forges de Ria continua, dans un endroit dit la Grande-Mine, le système de travaux précédemment usité ; mais elle éprouva de grandes difficultés à s'approfondir. La quasi-impossibilité des transports à bon compte rendit encore la vente de la houille moins aisée, et on considérait la valeur de Ségure comme fort peu importante, lorsque le liquidateur de cette société entreprit de la faire exploiter convenablement.

Il fut alors décidé qu'on ouvrirait près de la route de la mine, et non loin des bords de la rivière, une galerie d'écoulement d'environ 300 mètres, qui recouperait les couches de houille à une vingtaine de mètres au-dessous de la bouche de la Grande-Mine, dans laquelle on s'était approfondi de 15 mètres à peu près.

Cette galerie d'écoulement était destinée à éconduire toutes les eaux, dont la majeure partie entre par les affleurements, et à reconnaître la couche exploitable aussi loin que possible. On procéda à l'attaque par cinq points résultants de la création de deux puits et d'une attaque directe.

Mais, durant ces travaux, on n'en extrayait pas moins de la houille par les anciens procédés ; et c'est à cette époque que je visitai la mine de

Ségure pour la première fois. Les fendues ou descenderies servaient à la fois de chemins de transport et de voies d'épuisement. Leur peu d'inclinaison forçait les malheureux ouvriers qui portaient la houille sur le dos, à se courber horriblement, et fatiguait beaucoup aussi ceux employés au travail des pompes.

En attendant que la galerie d'écoulement fût achevée, M. Cachelièvre, alors directeur, attaqua la veine exploitable dans l'endroit dit la Petite-Mine; et grand devint l'étonnement, lorsqu'on rencontra de rechef une série de vieux travaux, dont les orifices, au jour, ne paraissaient pas le moins du monde.

On continua l'exploitation de la Petite-Mine de la même manière qu'avait eu lieu celle de la grande, jusqu'au moment où la difficulté de trouver des pompeurs et des extracteurs de charbon força d'interrompre les travaux.

La galerie d'écoulement ayant enfin percé les quatre couches, le nouveau directeur, M. Durosoy, établit une communication entre la petite mine, la grande mine et la voie de roulage de la galerie, ce qui permet de faire sortir les charbons au moyen de chemins plus commodes, et procure de l'air aux travaux de cette petite mine, qui étaient mal ventilés auparavant.

L'aérage a encore été accru par le percement d'une cheminée débouchant au jour, dans un endroit de la montagne latérale dont la différence de niveau pouvait faire espérer une forte aspiration.

On continue actuellement à reconnaître la veine exploitable par le percement de galeries d'allongement vers le nord et vers le sud.

On s'était occupé également d'une foncée dans le sens de l'inclinaison, mais la difficulté de l'épuisement par des moyens simples a fait ajourner pour une autre époque les explorations en profondeur.

C'est pour y parvenir facilement qu'on vient d'entamer depuis peu un puits vertical désigné sous le nom de Saint-Gervais, en un point du terrain assez éloigné des affleurements.

Ces divers travaux prouvent que la couche qui avait dans la grande mine une pente de 30° au moins, n'en possède plus qu'une de 18° à 20° près du puits qui communique de la petite mine au grand niveau, et enfin que l'inclinaison est plus faible de beaucoup, quoique assez soutenue dans la foncée mentionnée ci-dessus.

Ces faits, jusqu'à ce que le contraire soit matériellement démontré, tendent à corroborer cette opinion : « *Que le bassin de Ségure présente des couches en cul de bateau*, » ainsi que je l'avais annoncé vers la fin de 1836, après mon excursion avec MM. Walter et Cachelièvre.

Accidents de couches.

Les couches de houille de Ségure qui ont été tourmentées violemment par des porphyres sont assez sujettes au genre d'accidents connus sous le nom de crains, coufflées, etc.; mais on n'a pas eu lieu jusqu'à présent d'en reconnaître d'une puissance trop inquiétante. Presque toujours ces crains ont été soit contournés, soit traversés par le percement de quelques mètres stériles, et presque toujours aussi on a retrouvé la couche perdue, avec les caractères qu'elle possédait précédemment.

Les plus notables sont ceux rencontrés en mai 1838, dont l'un sépare la petite mine de la

grande, tandis que l'autre se trouvait entre cette même petite mine et la recherche du nord.

En allongement comme dans la profondeur, la houille de Tuchan est toujours de même qualité. On a remarqué toutefois qu'il y avait généralement amélioration après le passage d'un crain.

L'exploitation en contre-haut de la galerie d'écoulement a consisté jusqu'à ce jour en dépilages opérés au moyen de recoupements dans les anciens piliers. On a aussi allongé les principales galeries, fait de nouvelles cheminées et préparé des massifs qui seront enlevés de la même manière.

Exploitation proprement dite.

Il est assez difficile de préciser le mode exact qui sera suivi dans la partie en contre-bas. Les irrégularités de solidité dans la roche du toit et la variété des inclinaisons peuvent modifier le système; la nature même de la houille est encore un des éléments de la question.

Il faudra néanmoins, lors du dépilage général, prendre certaines précautions exigées par la nature quelquefois ébouleuse de certains schistes du toit.

Les autres travaux d'art, c'est-à-dire les puits de Ségure et de Quintillan, beaucoup mieux organisés que ceux précédemment décrits, faciliteront d'autant plus l'exploitation que l'un d'eux se trouve déjà muni d'une bonne machine à molettes, et que l'autre sera sous peu garni d'un appareil du même genre.

Quoi qu'il en soit, il n'en faudra pas moins user de beaucoup de prudence dans les travaux, puisque la couche rencontrée par le puits de Ségure affleure dans la rivière de ce nom.

§ 2. *Mines de Durban.*

Si l'on quitte le bourg de Tuchan, et qu'on se dirige vers Durban, par le chemin direct, on laisse bientôt à droite et à gauche les derniers vestiges de la formation crayeuse, et on entre tout à fait dans un terrain de transition, composé de schistes argileux gris, verts ou rougeâtres; de schistes argilo-quartzeux passant au grès grauwake; enfin de calcaires de couleurs différentes, mais dont la dominante est cependant le noir enfumé. Dans ce cas on voit toujours la masse traversée par des filets de calcaire spathique.

Cette série de roches est fort souvent percée par des filons, ou plutôt par des amas lenticulaires de porphyres absolument placés comme dans les terrains du Finistère, des Côtes-du-Nord et du Morbihan.

Un peu avant d'arriver à Villeneuve, on rencontre dans un ravin des schistes très-carburés contenant des veinules de véritable graphite, ce qui occasionna dans cet endroit une recherche exécutée par les ordres de M. de Cascastel. Au-dessus de ces schistes se voient des calcaires également carbonifères qui ont fourni plusieurs orthocératites, mais ces fossiles sont en général assez rares.

C'est non loin de Villeneuve que se trouve la mine de Balança ouverte à la jonction du terrain de craie et des schistes de transition.

De Villeneuve à Durban la route offre, sur la rive gauche, des schistes avec calcaires interstratifiés. Les calcaires renferment souvent des nodules de schistes et souvent des espèces d'amandes calcaires d'une autre teinte. Ces phénomènes n'appartiennent toutefois qu'à une partie de la route,

car lorsqu'on arrive par le travers du ravin de Sainte-Rafine, on voit des schistes généralement noirs, carburés, recouverts par un terrain de calcaire horizontal renfermant beaucoup de gypse au point de contact avec le système schisteux.

Bientôt on est à Durban.

Lorsque je fis ce voyage pour la première fois, on m'avait si souvent répété qu'il existait un vaste terrain houiller sur la rive droite de la Berr et de l'autre côté de Durban, que je résolus d'arriver à cette localité par un autre chemin. C'est par la vallée de Nouvelle que je commençai cette étude si intéressante.

Après avoir étudié les gypses et les grès verts que j'avais déjà reconnus à une autre époque, je suivis le petit sentier qui, longeant le ruisseau, s'élève insensiblement jusqu'au point de partage qui verse certaines eaux dans la Berr et d'autres dans le Verdouble.

Chemin faisant, j'ai découvert au fond de la gorge qui limite la vallée et au milieu des couches de calcaire marneux, des térébratules de la craie fort nombreuses, des peignes et quelques ammonites.

Un peu plus haut les couches renferment de belles bélemnites parmi lesquelles il s'en trouve d'essentiellement caractéristiques, mais qu'il est malheureusement impossible de détacher.

Non loin de cet endroit, s'arrondit en dôme une butte amphibolique de peu d'étendue, qui a légèrement modifié le terrain avoisinant. Le calcaire est devenu plus dur, plus cristallin.

Sur le point culminant dessiné par un petit plateau cultivé, les mêmes marnes fournissent plusieurs espèces de gryphées, mais en descendant vers la Berr, on atteint un terrain calcaire

tout à fait pareil à celui qui recouvrait les marnes fossilifères précédentes. A mesure qu'on avance, ces mêmes marnes reparaissent et avec elles beaucoup de peignes notamment le *pecten quinquecostatus*, puis quelques térébratules (1).

Lorsque, débouchant de ces gorges, on découvre Embres et Castelmaure, on n'est pas longtemps à apercevoir, du côté d'Embres, les derniers flambeaux du terrain de transition, recouverts çà et là par un calcaire d'apparence tufacée, caverneux, jaunâtre, offrant quelque analogie avec certaines roches du terrain tertiaire parisien, et auquel quelques géologues ont donné le nom de rauwbacke.

A droite de Castelmaure se dressent de grandes murailles crayeuses, sous lesquelles se trouve toujours ce même grès avec gypse que je considère comme du grès vert.

Entre Castelmaure et Saint-Jean-de-Barroux, de nombreux amas de gypse avec calcaire jaunâtre, caverneux, annoncent suffisamment l'âge des terrains environnants.

Au delà de Saint-Jean, près d'un moulin et sur la rive droite d'un ruisseau qui descend à la Berr, on voit les schistes de transition traverser la rivière avec une direction perpendiculaire au courant, c'est-à-dire allant sensiblement de l'est à l'ouest pour s'enfoncer du côté de la rive gauche, sous des terrains de ce même calcaire caverneux précédemment décrit, qui arrondissent en cet endroit le système crayeux.

Les schistes cambriens contiennent des couches subordonnées d'un calcaire qui a fourni une or-

(1) Il serait à désirer qu'une personne habile dans la distinction et la classification des fossiles visitât ces localités ; elle y trouverait certainement des faits nouveaux.

thocératite et un fragment d'une espèce de nautile.

A mesure qu'on s'approche de Durban, la formation ancienne se recouvre de calcaire tufacé qui forme des couronnements remarquables et contient en plusieurs endroits des amas de gypse, accompagné, comme tous ceux de cet âge, de cristaux isolés de quartz bipyramidés.

Peu à peu l'explorateur arrive à Durban, ayant autour de lui une suite de circonstances géologiques semblables aux précédentes.

Physionomie du terrain houiller de Durban.

En face, le bourg de Durban, sur la rive gauche de la Berr, et le long des déchiquetures d'un ravin peu étendu, on voit des couches de diverses couleurs, contenant des empreintes végétales. On est alors sur le terrain houiller de Durban, dans l'endroit connu sous le nom de Trou du Renard.

Ce terrain houiller s'appuie sur un schiste argileux gris, gris ardoise ou verdâtre, qui est parfaitement visible sur une assez grande étendue.

Les premières assises de la formation houillère sont représentées par un poudingue bréchiforme, presque exclusivement composé de débris schisteux (nouvelle galerie en recherche), au milieu duquel se trouve cependant une couche de houille grasse de bonne qualité.

Dans le ravin N.-S., dont j'ai parlé tout à l'heure, on observe une série de couches de grès et de schistes houillers, ayant une direction N. 50 à N. 60° E. magnétique ou N. 72° et N. 82 E., avec des pentes de 55°, 60° et 65° vers le N.-O.

Le pendage est régulièrement de 50° dans une petite tranchée ou boyau étroit qui a mis à découvert de minces alternances de grès, de fer carbonaté, de houille, de schistes, etc. Le grès, au mur de cette tranchée, offre beaucoup d'empreintes diffuses; mais les argiles schisteuses noires

présentent des fougères, des calamites, des astérophyllies, etc. On ne connaît pas encore bien la puissance du poudingue schisteux; cependant la galerie nouvelle en recherche semble prouver qu'il a plus de 100 mètres d'épaisseur.

Malgré une dimension aussi considérable, cette roche n'existe pas du côté du ravin du Trou du Renard, de sorte qu'on peut exprimer, sans erreur grave, la suite des terrains observés dans cette localité, ainsi que le représente la *fig.* 6 de la *Pl. V.*

D'abord, un peu de terrain de transition, puis le groupe charbonneux proprement dit, très-fossilifère, dans lequel a été entamée la galerie dite du Renard, et un petit puits incliné. Au-dessus paraissent plusieurs grès, dont quelques-uns sont presque sans feldspath. Leur teinte générale est le rouge jaunâtre. Ils ne renferment presque plus d'empreintes; néanmoins on y discerne encore des calamites: ils occupent un espace de 40 à 50 mètres.

Un peu plus haut, 8 à 10 mètres de roches grises et blanchâtres à structure plus ou moins grésiforme, recouvrent les précédentes. Elles contiennent, comme fait remarquable, une petite zone de 15 à 20 centimètres d'épaisseur d'une roche hétérogène compacte, d'un gris clair, à cassure semi-conchoïde, semi-esquilleuse et ressemblant sous tous les rapports à beaucoup de roches de nature porphyrique.

On voit ensuite des grès schisteux rougeâtres dont la direction apparente est un peu différente de celle du terrain houiller précédent. Ils sont définitivement recouverts par du calcaire tufacé déjà si souvent signalé et dirigé par N. 80° E. (division véritable), avec un pendage de 35° environ vers le nord. Je dis environ, parce que ce pendage

n'est pas facile à déterminer, et qu'il est en général un peu brouillé.

Vers l'ouest, le terrain houiller de Durban est tout à coup interrompu par un ruisseau qui descend de la métairie de la Salse, et dont la source, m'a-t-on dit, avait été fort longtemps salée.

Un examen attentif de cette vallée nous a montré à diverses reprises des ophites des gypses et des grès appartenant au grès vert. Ils sont associés avec des calcaires caverneux ou compactes.

Leur description, qui n'offrirait rien de bien saillant, me semble parfaitement inutile; qu'il me suffise de dire que tout, du côté de Saint-Victor, doit être rapporté au système du terrain crétacé.

Travaux de Durban.

Il est assez difficile de connaître tous les travaux exécutés à Durban et débouchant au jour. La chronique prétend que la galerie du Trou-du-Renard a été ouverte, et quelque peu exploitée par un maréchal qui se procurait ainsi le charbon qui lui était nécessaire. La veine, sur laquelle elle a été exécutée est fort petite, sans suite et tout à fait irrégulière.

L'ancienne compagnie de Ria fit plus tard exécuter, dans l'endroit où se trouve l'embouchure de la recherche actuelle, deux descenderies qu'on a poussées fort avant. Elles avaient pour but de reconnaître la première couche renfermée dans le poudingue schisteux.

M. Cachelièvre entreprit, à une autre époque, deux nouvelles descenderies sur des affleurements qui n'avaient pas encore été étudiés, mais il fut bientôt obligé de les abandonner, autant à cause des difficultés que présentait l'extraction des eaux que par suite de la rareté du combustible.

Enfin, on a commencé sous la direction de

M. Durozoy une galerie qui, menée perpendiculairement à la direction des couches, doit les recouper. Elle sera poussée aussi loin que possible, et sous peu, dit-on, c'est-à-dire après une centaine de mètres, elle aura traversé la partie du terrain houiller visible à la surface.

Cette galerie, longue de 137 mètres, a rencontré une première couche à 44 mètres environ de son orifice. Cette veine, qui pouvait avoir une vingtaine de centimètres, a été suivie en allongement vers l'est jusqu'au moment où elle a presque en entier disparu; mais prise en recherche au sol par une foncée dans le sens de son inclinaison, on l'a retrouvée plus puissante. A une profondeur de 10 à 12 mètres, elle peut avoir $0^{m},40$ à $0^{m},45$ de puissance.

La houille qu'elle renferme est de bonne qualité; elle colle bien et fournit en petit un coke fort beau. M. Durozoy s'est assuré, par un essai un peu en grand, exécuté en plein air, qu'on pourrait arriver à des résultats presque pareils sous le rapport de la bonté, à ceux obtenus avec les menus de Rive-de-Gier. Il est à craindre seulement que cette couche ne soit pas toujours régulière. Elle affecte parfois une forme noduleuse qui tendrait à le faire soupçonner.

Quoi qu'il en soit, il est très-probable que le terrain houiller renferme d'autres couches. Bientôt la grande galerie l'aura prouvé. Elle aura pareillement déterminé la puissance de la formation charbonneuse, à moins, ce qui est bien à désirer, qu'elle ne s'étende beaucoup sous les calcaires qui la recouvrent; mais alors aussi, cette galerie trouverait un champ d'exploration plus étendu.

N.-B. Je ne parle pas ici d'un petit lambeau de terrain

houiller qui existe à Tauleplate, au-dessus de Cascastel, parce qu'il m'a toujours semblé trop peu important pour avoir une valeur industrielle.

§ 3. *Composition des houilles de Ségure et de Durban.*

La position des houillères de Ségure et de Durban, au milieu d'un pays presque complétement dégarni de bois, et cependant très-riche en minerais de fer, d'antimoine, de cuivre et de plomb, a dû nécessairement éveiller la sollicitude des exploitants et l'attention des métallurgistes.

Leur situation, près de la Méditerranée, au milieu d'une contrée où les distilleries sont fort nombreuses, a dû faire pareillement étudier l'emploi des charbons dans les appareils d'évaporation.

Jusqu'à présent plusieurs de ces problèmes ont été résolus d'une manière satisfaisante; la discussion de la composition des charbons amènera probablement de nouveaux résultats.

La houille de Ségure, près Tuchan, a rendu:

	à M. Berthier. (1)	à M. Bouis. (2)	à M. Le Play. (3)			
Charbon.	56,00	60	71,60	70,60	70,10	72,60
Cendres.	20,00	18	4,40	5,00	5,50	3,80
Matières volatiles. .	24,00	22	24,00	24,40	24,40	24,60

(1) *Traité des essais par la voie sèche*, t. 1, p. 342.

(2) *Deuxième Bulletin de la Société philomatique de Perpignan*, page 39 et suivantes.

(3) Extrait d'une lettre de M. Le Play à M. Arago (7 mai 1837).

M. Berthier s'exprime ainsi au sujet des cendres de Ségure :

« Les cendres sont parfaitement blanches et » contiennent 0,05 de leur poids de chaux ; d'où » il résulte que la matière terreuse non calcinée » renferme 0,10 de carbonate de chaux ».

M. Berthier dit aussi ne pas avoir remarqué la plus petite trace de pyrite dans la houille qui lui a été soumise, et cependant on en voit assez souvent dans les tas qui ont un peu séjourné à l'air.

D'un autre côté, M. Bouis déclare « que les cen» dres sont un peu alcalines ; elles doivent ce ca» ractère à la chaux ; elles contiennent du sulfate » de chaux, de l'argile, de l'oxide de fer et du sul» fure de fer en petites proportions, ce qui leur » donne la propriété de dégager du gaz hépa» thique lorsqu'on les traite par l'acide sulfurique » étendu ».

M. Le Play, sans s'expliquer sur la nature des cendres, dit : « Ces houilles contiennent par places » une assez grande quantité de mouches de pyrites » et de matières terreuses, mais ces deux sub» stances nuisibles ou inertes ne sont pas dissémi» nées dans la masse du combustible, qui sous ce » rapport peut être réputé d'assez bonne qualité ».

Quoi qu'il en soit, en présence des différences que signalent les analyses de chimistes aussi consciencieux que MM. Berthier, Bouis et Le Play, j'ai cherché à étudier les houilles de Ségure plutôt sous le rapport de la constitution physique que sous celui de la composition élémentaire. Je n'ai voulu obtenir d'autres principes que la portion de cendres fournies par la combustion, et quelques substances renfermées dans celles-ci.

Indépendamment du caractère représenté par

la grosseur des fragments, système employé dans les autres exploitations pour le classement des houilles, je rangerai les charbons de Ségure en quatre catégories portant les noms suivants :

1° *Charbon n° 1.* Il provient d'un triage soigné, offre un coup d'œil agréable, d'un éclat tantôt métallique, tantôt résinoïde, contient peu de cendres, peu de matières volatiles et beaucoup de carbone ; il se rapproche par conséquent de quelques variétés d'anthracite du pays de Galles.

2° *Charbon mélangé.* Il contient des zones, des alternatives de charbon n° 1, entrecoupées par de petites bandes schisteuses ; il renferme 10 à 12 p. o/o de cendres.

3° *Charbon nerveux.* C'est la qualité la plus communément exploitée dans les vieux travaux. Les bandes schisteuses forment presque $\frac{1}{3}$ de la masse totale. Mais comme elles sont imprégnées de bitume, cette variété de houille n'en brûle pas moins bien. Elle n'a que l'inconvénient de donner 18, 20 et 25 p. o/o de cendres.

4° *Nerf charbonneux.* Je placerai dans cette division des nerfs très-charbonneux, capables de fournir encore par leur combustion une quantité de calorique variable, mais assez intense pour mériter d'être appréciée par une usine peu éloignée du centre de l'exploitation. La quantité de cendres de ce charbon est dans une proportion qu'on ne peut fixer, parce qu'il est fort difficile de trouver une douzaine de morceaux de nerf d'une similitude parfaite.

On voit donc que les houilles 1 et 2, ne fournissant que de 3 à 12 p. o/o de cendres, les houilles, n° 3, qui représentent l'extraction ordinaire *sans triage*, depuis 18 jusqu'à 25 p. o/o de cendres,

on voit, dis-je, que les houilles de Ségure sont propres à beaucoup d'emplois et d'usages dans lesquels la composition de leurs cendres ne peut nuire.

La nature de ces cendres varie beaucoup, suivant les houilles dont elles proviennent. Ainsi, elles contiennent toujours du sulfate de chaux lorsque les morceaux de charbon renferment de la pyrite; elles n'en dénotent presque pas au contraire à l'analyse, si les morceaux sont choisis.

La houille de Durban a rendu à M. Berthier, qui en a consigné l'analyse dans son *Traité des Essais par la voie sèche*, t. 1, pag. 331 :

Charbon.	49,00
Cendres	17,50
Matières volatiles	33,50

C'est donc une des bonnes houilles grasses. Elle présente une quantité de cendres assez faible. M. Berthier dit, page 334, qu'elles sont d'un rouge foncé, et que la houille renferme 4,5 p. 0/0 de pyrites. Cette assertion s'applique sans doute au combustible, extrait par la société de Ria, car celui de la couche à 44 mètres dans la nouvelle galerie est de meilleure qualité. En petit, il m'a fourni un beau coke qui n'avait d'autre inconvénient que d'être cendreux.

En résumé, la diversité de nature dans les combustibles rencontrés jusqu'à ce jour peut encore changer leurs propriétés; mais il n'en est pas moins certain que les houilles de Ségure et de Durban peuvent devenir très-utiles au Roussillon et surtout aux villages situés dans les montagnes des Corbières ou dans les vallées qui les avoisinent.

NOTES ADDITIONNELLES

Au mémoire sur l'aérage des mines ;

Par M. COMBES, Ingénieur en chef des mines (1).

NOTE I.

Sur les gaz irrespirables rencontrés dans des excavations abandonnées.

Le 14 septembre 1838, dix ouvriers qui se trouvaient dans une des galeries de la mine d'anthracite du Rocher-Blanc, concession de Péchagnard (Isère), furent subitement asphyxiés par une irruption de gaz irrespirables, ayant une odeur infecte, sortis de vieux travaux supérieurs, avec lesquels la galerie avait été mise en communication. Cinq de ces ouvriers furent, pour ainsi dire, foudroyés par l'asphyxie, et ne purent être rappelés à la vie. M. Gueymard, ingénieur en chef de l'Isère, a fait l'analyse des gaz méphitiques recueillis dans la mine du Rocher-Blanc, et dans la mine voisine du Grand-Mennays. Il a également analysé les eaux qui coulaient sur le sol des galeries.

Il a trouvé que sur 100 parties en volume, les gaz méphitiques contenaient :

de 62 à 55 d'air atmosphérique;
de 6 à 9 d'acide carbonique;
de 32 à 36 d'azote;

plus une petite quantité d'hydrogène sulfuré, dont il a constaté la présence, par l'action des gaz sur

(1) Voir le mémoire sur l'aérage des mines, tome XV, pag. 91.

le papier imbibé d'acétate de plomb. Toutes les eaux coulant sur le sol des galeries contenaient des sulfates de fer, de chaux et de magnésie, et celles de la mine du Rocher-Blanc renfermaient, en outre, environ $\frac{2}{1000}$ d'acide sulfurique libre.

Les anthracites de la concession de Péchagnard renferment de 1 à 2 p. °/₀ de sulfure de fer. La couche du Rocher-Blanc a pour toit un banc de grès, dont l'épaisseur n'est, sur quelques points, que de $0^m,40$, et sur lequel reposent des assises calcaires. Il n'y a point de bancs calcaires au-dessus de la couche du Grand-Mennays, mais on y rencontre des veines d'une substance blanche qui, à l'analyse, a été trouvée composée de carbonates de chaux, de magnésie et de protoxyde de fer. M. Gueymard pense que l'azote libre et les sulfates contenus dans les eaux des galeries, sont dus à la décomposition des sulfures de fer contenus dans l'anthracite, qui absorbent l'oxygène de l'air, sous l'influence de l'humidité, et d'une élévation de température; que l'acide carbonique résulte de la réaction de l'acide sulfurique et du sulfate de fer sur les carbonates de chaux ou autres, et enfin que l'hydrogène sulfuré résulte de la décomposition de l'eau par les sulfures de fer.

On rencontre de l'acide carbonique, de l'azote en excès, et des miasmes dans la plupart des excavations non fréquentées, où l'air ne s'est pas renouvelé depuis longtemps, sans que la présence de ces gaz puisse être attribuée à des circonstances analogues à celles qui étaient réunies aux mines d'anthracite de Péchagnard. Dans les mines de houille des environs de Saint-Étienne, j'ai presque toujours trouvé un air impropre à l'entretien de la combustion, lorsque j'ai eu occasion de pénétrer dans de

vieux travaux, ou même dans des excavations qui n'avaient pas été aérées depuis quelques jours. Dans des mines de houille de la Belgique, notamment à celle du Grand-Hornu, j'ai trouvé des interstices existants dans les remblais, à une très-petite distance de la voie du retour d'air, occupés par un air également impropre à l'entretien de la combustion. Enfin, on sait que plusieurs personnes ont été asphyxiées pour avoir pénétré, sans précaution, dans des puits ou d'autres excavations d'une petite profondeur. Les mineurs, et même le public, ne sauraient donc se tenir trop en garde contre la présence de gaz irrespirables, qui s'accumulent dans presque tous les lieux non aérés, et dont la formation peut être due à plusieurs causes différentes, que nous avons brièvement indiquées dans le chapitre I.

NOTE II.

Sur un dégagement d'hydrogène proto-carboné sous une forte pression.

L'hydrogène proto-carboné se dégage quelquefois des pores ou cellules de la houille, ou des roches bitumineuses dans lesquelles il est contenu, sous des pressions considérables.

En 1828 et 1829, j'eus occasion de faire extraire l'eau qui remplissait le puits de Latour, dans la concession de Roche et Firminy (Loire), par lequel on avait exploité autrefois une couche de houille qui fournissait une telle quantité de gaz inflammable, que l'on avait dû renoncer à exploiter cette couche, à la suite de plusieurs explosions qui avaient occasionné des accidents très-graves. L'eau recouvrait encore de plus de dix mètres le faîte

des galeries creusées dans cette couche, lorsque le gaz inflammable commença à se dégager, à travers l'eau, avec une abondance extraordinaire. L'eau était soulevée et agitée avec un bruit tellement fort, qu'on l'attribua à une source d'eau qui, venant au jour sur la paroi du puits, à un niveau supérieur, serait tombée au fond. Deux ouvriers descendirent dans le puits pour vérifier le fait, et malheureusement ils prirent une lampe à feu nu, parce qu'ils n'avaient point sous la main de lampes de sûreté. Lorsque la tonne, où ils étaient placés, fut descendue à une petite profondeur, leur lampe mit le feu au mélange d'air et de gaz inflammable; heureusement le feu mis à la partie supérieure ne se propagea point dans la colonne gazeuse qui remplissait le puits, et s'éteignit au bout de quelques secondes. On remonta rapidement les ouvriers au jour. L'un d'eux avait eu la précaution de se blottir au fond de la tonne, et arriva sain et sauf, l'autre, qui était à cheval sur les bords de la tonne, fut assez grièvement brûlé aux mains, à la face et aux bas des jambes, sur toutes les parties où la peau avait été touchée par la flamme. Quand les ouvriers furent sortis, une petite torche de paille allumée fut jetée dans le puits, et détermina une explosion assez violente pour renverser le manége installé sur le puits. Le manége fut relevé, et les eaux ayant été maintenues à peu près au même niveau, le dégagement du gaz continua pendant plusieurs jours avec une violence à peu près égale; puis, il diminua : néanmoins l'air, qui remplissait le puits, ne cessa pas d'être explosif. Un percement ayant été exécuté près du fond du puits, le gaz sortit des fissures du schiste feuilleté supérieur à la couche de houille. J'ai rapporté, avec

détail, cet accident dont j'ai été témoin, et qui aurait pu être beaucoup plus grave, afin de faire voir que l'inondation d'une mine à *grisou* ne suffit pas pour arrêter le dégagement du gaz.

Un fait analogue est mentionné dans la déposition d'un témoin entendu par la commission d'enquête de la chambre des communes.

NOTE III.

Sur l'effet des foyers d'aérage, et leur consommation en combustible.

Les volumes d'air ont été déterminés, dans les expériences dont cette note contient les résultats, au moyen de l'anémomètre que j'ai décrit dans les *Annales des mines* (3ᵉ série, t. XIII, p. 103). Il y a une incertitude assez grande sur l'exactitude des volumes que l'on a mesurés, en plaçant l'anémomètre dans un puits vertical, tant à cause de la difficulté de placer l'instrument dans les divers points d'une section transversale du puits, que parce que ces puits sont ordinairement un peu rétrécis à leur orifice. Les jaugeages, exécutés dans des galeries horizontales, méritent plus de confiance. Ils ont été vérifiés, pour la plupart, en répétant les observations sur plusieurs sections d'une même galerie, de grandeurs différentes, de sorte que le courant d'air dont le volume était constant, les traversait avec des vitesses diverses.

Fosse Védette d'Anzin.—La fosse *Védette* servait, lors de mes observations, à l'extraction de l'eau au moyen de tonnes, et à la sortie de deux courants d'air venant l'un de la fosse *Pauline*, l'autre de la fosse *Sentinelle*. Une troisième bran-

che descend par le goyau et les beurtias de la fosse Védette. Le foyer d'aérage est établi latéralement au puits, à la profondeur de 141 mètres, et sa cheminée débouche dans le même puits à 120 mètres au-dessous de la surface. Ce foyer consomme à très-peu près 500 kilogrammes de houille en vingt-quatre heures.

Le courant d'air venant de Pauline, après être descendu par le puits de ce nom, qui a 152 mètres de profondeur verticale, suit une voie de traînage ou chasse, de 362 mètres de longueur, circule sur le front des tailles, revient près du puits Pauline, par une voie ménagée au-dessus des tailles, et de là arrive au pied de la Védette, par une galerie étroite, tortueuse, et mal entretenue, parce qu'elle va bientôt devenir inutile, et dont le développement est de 280 mètres. Le trajet total parcouru par cette branche, depuis l'orifice du puits Pauline, jusques au bas de la fosse Védette, est à très-peu près de 1.288 mètres. La bande de houille exploitée, et remplacée par des remblais dont le courant fait le tour, a une longueur de 362 mètres (longueur de la chasse) sur 92 mètres de largeur environ, ou 33.304 mètres carrés de superficie environ. Le volume d'air, venant de Pauline, a été trouvé de $1^{m.c.},15$ par seconde.

Le courant d'air, venant de la Sentinelle, descend par le puits de ce nom, dont la profondeur est de 135 mètres, et débouche dans la fosse Védette, au niveau de 141 mètres, après un parcours souterrain de 573 mètres de développement, dans une galerie dont la section est d'environ $0^{m.c.},80$ (1^{m} de haut sur $0^{m},80$ de large). Le volume du courant d'air venant de la Sentinelle a été trouvé de $0^{m.c.},96$ par seconde.

Enfin le volume d'air total remontant par la fosse Védette, a été trouvé de $3^{m.c.}$,81 par seconde, volume probablement plus considérable que le volume réel. Quoi qu'il en soit, l'air arrivant des fosses Pauline et Sentinelle était à une température de 15,5 à 16 degrés centigrades. L'air chaud sortant par l'orifice de la Védette était à une température de 24 degrés, lors de l'observation faite dans le puits, et j'ai vu cette température varier de 24 à 30 degrés. En admettant qu'il sortît $3^{m.c.}$,81 d'air par seconde, à 24°, et sous la pression de 0^{m},7547 de mercure qui était celle qui avait lieu le jour de l'observation, on trouve que le poids de l'air sortant, supposé être de l'air atmosphérique, serait de 4 kilog., 44 par seconde, ou par vingt-quatre heures, de 383.616 kilogrammes. L'action du foyer élevait la température de cette masse d'air, de 16 à 24 degrés, ou de 30 degrés au plus; ainsi l'augmentation de température était de 8 à 14 degrés centigrades. Or, en admettant que la chaleur spécifique de l'air soit de 0,26, et que la combustion de chaque kilogramme de houille fournit 7000 unités de chaleur, on trouve que les 500 kil. de houille, brûlés en vingt-quatre heures, développent une quantité de chaleur suffisante pour élever de 35 degrés centigrades la température de la masse d'air sortante. Il y a donc, dans la fosse Védette, une perte considérable de chaleur, et cela tient, sans aucun doute, à l'humidité continuelle des parois du puits constamment entretenue par l'eau tombant des tonnes d'épuisement qui y circulent.

Fosse Ernest d'Anzin. — La fosse *Ernest* a une profondeur de 201 mètres. Le foyer d'aérage

est établi à 184 mètres, et sa cheminée débouche dans le puits à 160 mètres, au-dessous de la surface.

Au bas de la fosse Ernest débouche un courant d'air venant de la fosse de la *Réussite*, qui, après être descendu par cette fosse, dont la profondeur est de 331 mètres, a parcouru une suite de galeries dont le développement souterrain est de 2.238 mètres. Le volume de ce courant d'air a été trouvé de $2^{m.c.},07$ par seconde, à la température de 16 degrés et sous une pression de $0^{m},7636$ de mercure.

Deux courants d'air venant de la fosse *Demmézières* ont ensemble un volume de $1^{m.c.},45$ par seconde, sous la pression de $0^{m},7612$ de mercure, et à la température de 17 degrés. D'autres courants, qui ne m'ont point été indiqués, débouchent encore dans la même fosse, indépendamment de celui qui descend par le goyau et les beurtias d'Ernest, et dont une partie sert à alimenter la combustion du foyer.

Ce foyer brûle par vingt-quatre heures environ 697 kilogrammes de grosse houille de Fresnes. Le puits est très-sec, et ne servait pas à l'extraction de la houille, lors de mes observations; le volume total du courant d'air chaud sortant par l'orifice du puits était de $8^{m.c.},1969$ par seconde, à la température de 32 à 37 degrés centigrades, et sous une pression de $0^{m},7573$ de mercure. La température de l'air extérieur était de 20 degrés $\frac{1}{4}$. Il résulte de là que le poids de l'air sortant par la fosse Ernest était, lors de mes observations, de $9^{kil.},975$ par seconde environ, ou 861.840 kilogrammes par vingt-quatre heures. L'action du foyer élève la température de cette masse d'air de

16 $\frac{1}{2}$ à 34 $\frac{1}{2}$ degrés, ou de 18 degrés centigrades moyennement. En calculant d'après les mêmes bases que dans l'exemple précédent, on trouve que le combustible brûlé développe une quantité de chaleur capable d'élever de 22 degrés centigrades environ la masse d'air sortante. La perte de chaleur est donc ici assez faible, et égale seulement à moins de $\frac{1}{5}$ de la chaleur totale développée.

Fosses n° 3 et n° 4 de Hornu et Wasmes (province du Hainaut). —Le foyer de la fosse de la pompe n° 3 à Hornu et Wasmes est établi au bas d'un puits de 24^{m},78 de profondeur, et 1^{m},18 de diamètre, surmonté d'une cheminée dont le diamètre intérieur est de 0^{m},944. Ce foyer consomme par semaine 42 hectolitres de reffle (charbon pierreux de qualité inférieure) qui se vendait sur le carreau de la mine, en 1837, 5 francs le muid de 7 hectolitres. Le volume d'air dont ce foyer détermine la circulation a été trouvé de 3$^{m.c.}$,23 par seconde.

Le foyer de la fosse n° 4 est établi au bas d'un puits de 26^{m},55 de profondeur, surmonté d'une cheminée. Ce foyer brûle par semaine 77 hectolitres de reffle, et détermine la circulation de 1$^{m.c.}$,95 par seconde. La température de l'air remontant par la cheminée du puits de la fosse n° 4, était de 45 à 50 degrés centigrades le jour de l'observation.

Le courant d'air descendant par la fosse d'extraction n° 4 a été trouvé de 2$^{m.c.}$,65 par seconde. Une partie de cet air remonte par le royon de la fosse n° 4, et va passer sur le foyer dont nous venons de parler en dernier lieu ; l'autre partie

suit une voie *d'exhore*, située à 265^{m},50 de profondeur, et longue de 957^{m}, et va se réunir au courant qui circule dans les travaux de la fosse n° 3 et remonte par la fosse de la pompe et le foyer d'aérage n° 3.

Il y avait, lors de mes observations, 55 ouvriers occupés à la fois dans les travaux de la fosse n° 4, et l'on y brûlait par jour environ 21 kilogrammes d'huile.

La fosse n° 4 avait attiré, il y a quelques années, l'attention des ingénieurs des mines de la Belgique, parce que tous les ouvriers y avaient contracté la maladie anémique. On a attribué cela à la formation d'une petite quantité d'acide hydro-sulfurique qui se serait développée par l'action exercée sur l'eau par les sulfures de fer que renferme la houille de la veine Grande-Béchée. Le directeur des travaux de Hornu et Wasmes, M. Al. Boty, à qui je dois les renseignements qui précèdent, m'a dit que les eaux de la mine avaient la propriété de faire développer sur la peau des individus un grand nombre de boutons volumineux qui ne disparaissaient quelquefois qu'un mois après.

Houillère de Belle-et-Bonne (territoire de Jemmapes), fosse n°21.—Le foyer de cette fosse est établi au bas d'un puits de 31^{m},86, surmonté d'une cheminée de 30 mètres de hauteur. Le vide intérieur de celle-ci est une pyramide tronquée quadrangulaire. Le côté de la base inférieure est de 0^{m},90; celui de la base supérieure, de 0^{m},36. On brûle journellement 6 à 7 hectolitres de reffle.

Le puits d'extraction a une profondeur de 295^{m},60. Le trajet du courant d'air, dans le plan

de la couche, est d'environ 1.833 mètres. L'extraction journalière est d'environ 180 tonneaux de houille. Cette mine occupe journellement 64 ouvriers à la veine, 42 traineurs, et 94 ouvriers de toute espèce, chargeurs aux tailles, au bas du puits, balayeurs de voie, etc. On peut admettre qu'il y a de 120 à 130 ouvriers dans la mine pendant le jour.

Le volume d'air total, remontant par le royon et le puits d'aérage, a été trouvé de $1^{m.c.}$,0552 par seconde, et j'ai lieu de croire cette estimation plutôt au-dessus qu'au-dessous de la réalité. Un thermomètre, suspendu dans le puits par où monte le courant d'air chaud, a indiqué une température de plus de 103 degrés.

Cette mine est certainement la plus mal aérée de toutes celles que j'ai eu l'occasion de voir. Cela vient de la mauvaise disposition du foyer et de la cheminée qui surmonte le puits d'aérage. La quantité de combustible brûlée est presque égale à celle que consomme le foyer de la fosse Ernest d'Anzin, pour déterminer un tirage huit fois aussi considérable.

NOTE IV.

Sur l'effet de quelques machines aspirantes à pistons.

La première machine aspirante à pistons qui ait été faite en Belgique, pour remplacer l'action des foyers d'aérage, fut établie, en 1830, sur la fosse Saint-Louis (concession de Griseuil), dans le district de Mons. Il se dégageait, sur les tailles de cette mine, une quantité considérable de gaz inflammable, d'autant plus difficile à entraîner, que les travaux d'exploitation étaient établis dans

l'amont-pendage de la couche exploitée, inclinée de 25 degrés, et que le courant d'air ventilateur chargé de gaz inflammable devait descendre suivant la pente de la couche, et franchir ainsi une distance verticale de 100 mètres, pour arriver au bas du puits de sortie de l'air, foncé, suivant la méthode Belge, à côté du puits d'extraction. La machine aspirante de la fosse Saint-Louis était en réparation quand j'ai visité la mine, dans le courant de 1837.

Machine aspirante de la fosse Sainte-Victoire. — Une autre machine aspirante est placée sur la fosse Sainte-Victoire, dépendante aussi de la concession de Griseuil. Le foyer d'aérage que cette machine a remplacé était établi au bas d'un puits de 30^m de profondeur verticale, surmonté d'une cheminée de 25^m à 30^m de haut. Bien qu'on donnât à ce foyer la plus grande activité, et que l'on y brûlât journellement, suivant ce qui m'a été rapporté, de 24 à 30 hectolitres de houille, l'aérage était insuffisant. Le courant chargé de gaz inflammable venait passer sur ce foyer; la température des gaz était tellement élevée, qu'une porte en fer, établie à la base de la cheminée, et à 30^m du foyer, était habituellement rouge, et que le châssis en bois de cette porte a été tout à fait charbonné, bien qu'il fût recouvert par la maçonnerie.

La machine actuelle se compose de deux caisses prismatiques en bois, dans lesquelles se meuvent des pistons carrés, de 2^m,40 de côté. Leur course est de 1^m,60, et ils font ensemble 19 excursions $\frac{2}{3}$ par minute. Le volume d'air extrait, calculé d'après le volume engendré par les excursions des pistons est en conséquence de 3$^{m.c.}$, 02 par seconde. Le vo-

lume d'air, réellement extrait, doit être moindre.

Des observations faites en suspendant l'anémomètre dans le puits d'extraction, par lequel l'air entrait, ont donné pour le volume du courant d'air entrant $3^{m.c.}$,21 par seconde. Il est évident que ce résultat est trop grand; cela tient aux difficultés que présente le jaugeage du courant d'air, dans un puits vertical. La machine à vapeur qui donne le mouvement aux pistons de la machine aspirante est à cylindre horizontal, d'une force nominale de 12 chevaux; son foyer consomme en 24 heures 20 hectolitres de houille, de qualité inférieure.

On peut remarquer que le foyer de la fosse n° 3 de Hornu et Wasmes, qui est établi à peu près comme l'était celui de la fosse Sainte-Victoire, détermine la circulation d'un volume d'air plus considérable que celui qui est extrait par la machine actuelle. Cependant, le trajet du courant d'air a un développement beaucoup plus grand, dans les travaux de la fosse n° 3 de Hornu et Wasmes, que dans les travaux de la fosse Sainte-Victoire. La difficulté de l'aérage de cette dernière mine paraît donc provenir surtout de la disposition ou des petites dimensions des voies souterraines.

Fosse Sacré-Madame, près de Charleroy. — La machine aspirante placée sur cette fosse est composée de deux cuves en bois, de 2^{m} de diamètre intérieur, dans lesquelles se meuvent des pistons, dont la course est de 1^{m},65. Chacun d'eux fait 24 excursions complètes en 65 secondes. Le volume d'air extrait, calculé d'après le volume engendré par les excursions des pistons, est donc de $3^{m.c.}$,888 par seconde. Un manomètre à eau, adapté sur un tampon qui ferme un puits, commu-

niquant avec la galerie par laquelle le courant d'air aspiré arrive à la machine, a montré que l'excès de la pression atmosphérique sur la pression du courant d'air aspiré était moyennement mesuré par une colonne d'eau distillée de 5 centimètres. La machine à vapeur motrice a une force nominale de 8 à 10 chevaux, et brûle de 1.000 à 1.200 kilogrammes de houille par vingt-quatre heures.

Les observations faites en suspendant l'anémomètre dans le puits d'entrée de l'air, ont donné pour le volume d'air entrant $3^{m.c.}$,60 par seconde.

Fosse Saint-Léonard au Monceau-Fontaine (district de Charleroy). — La machine aspirante est composée d'un seul cylindre en bois, dans lequel se meut un piston. Elle est à double effet. Le diamètre du piston est de 2^{m},667; sa course de 2^{m},3622. J'ai compté 15 excursions complètes en 66 secondes. Ainsi, le volume d'air, calculé d'après les dimensions de la machine, serait de $5^{m.c.}$,998 par seconde.

Un manomètre à eau a été placé sur un tampon qui fermait un puits communiquant avec la galerie intérieure conduisant l'air à la machine. L'observation de ce manomètre a montré que l'excès de l'air atmosphérique sur la pression de l'air en mouvement était très-variable. Ainsi, la dénivellation de l'eau, dans les deux branches du tube manométrique, s'élevait pendant un instant jusques à 9 centimètres; puis, vers la fin de la course du piston de la machine, la pression de l'air intérieur augmentait beaucoup, jusqu'à dépasser la pression extérieure d'environ 1 centimètre d'eau. L'excès moyen de la pression atmo-

sphérique sur l'air intérieur a été évalué à 5 centimètres d'eau.

La machine à vapeur motrice a une force nominale de 20 chevaux, et consomme de 2.400 à 2.450 kilogrammes de houille par vingt - quatre heures.

NOTE V.

Sur l'établissement du ventilateur à force centrifuge.

On a vu, dans les §§ 34 à 36 du chap. III, que pour calculer les dimensions et la vitesse angulaire d'un ventilateur aspirant à force centrifuge, il était nécessaire de connaître : 1° le volume d'air que la machine devait aspirer et rejeter dans l'atmosphère; 2° le poids du mètre cube d'air; 3° les pressions respectives correspondantes au volume d'air proposé, qui ont lieu dans la capacité où l'air est puisé par le ventilateur, et dans l'atmosphère extérieure. La détermination de ces premières données semble d'abord devoir présenter des difficultés insurmontables, de sorte qu'on pourrait croire impossible de les apprécier avec quelque exactitude. Cependant, on peut y parvenir facilement, dans le cas qui devra se présenter assez souvent, où l'on voudrait substituer à un foyer d'aérage existant un ventilateur à force centrifuge.

Voici la méthode que l'on pourra suivre en pareil cas : 1° on déterminera d'abord le volume total, la température et la pression de l'air, au bas du puits par lequel l'air sort, et en dessous du foyer que je suppose existant. Le volume du courant d'air sera déterminé avec l'anémomètre, ou

par un moyen analogue; la température et la pression, avec un thermomètre et un baromètre. Soient Q le volume d'air ainsi mesuré, t sa température, et p_0 la pression. On conclura de ces premières observations le poids du mètre cube d'air, que je désigne par q_0.

On mesurera, le même jour, la pression atmosphérique, à l'orifice du puits de sortie, au moyen du baromètre; je désigne cette pression par p_1.

Enfin, on connaîtra d'avance, ou l'on mesurera la profondeur verticale de la station où ont été faites les premières observations, au-dessous de l'orifice du puits. J'appelle cette profondeur H.

Cela posé, lorsque le foyer est remplacé par un ventilateur aspirant, pour que celui-ci produise exactement le même effet que le foyer, il faudra évidemment que le jeu de cette machine produise, à l'orifice supérieur du puits, une raréfaction de l'air telle que la pression, au point où ont été faites les observations intérieures, demeure exactement égale à la pression mesurée p_0, qui avait lieu sous l'influence du foyer. J'appelle x cette pression inconnue. Le foyer étant supprimé, l'air conservera la température t, qu'il possède au bas du puits, jusqu'au jour, et si le puits n'a qu'une petite profondeur, si d'ailleurs il a une section suffisante pour que l'air n'y circule qu'avec une vitesse assez petite pour que les frottements n'aient pas d'influence sensible, les pressions p_0 et x seront assez peu différentes pour que l'on puisse regarder la densité de l'air comme uniforme, et son poids spécifique comme égal à q_0, depuis le fond jusqu'à l'orifice du puits. Dans ce

cas, la pression x sera évidemment déterminée par l'équation :

$$x=p_0-q_0\times H.$$

La question sera alors prise dans les termes suivants : construire un ventilateur aspirant capable de déplacer par seconde un volume d'air Q, dont le poids spécifique est égal à q_0, cet air étant puisé dans une capacité où la pression est constante et égale à x (quantité connue), lorsque la pression atmosphérique est égale à p_1.

Si le puits était très-profond, la valeur précédente de x serait fort inexacte, à cause de la variation de densité de l'air dans l'étendue de la colonne de hauteur H. Mais alors, en supposant toujours que l'influence des frottements puisse être négligée, on déterminerait x par l'équation :

$$\text{log. hyp. } x=\text{log. hyp. } p_0-\frac{q_0}{p_0}\text{H.}$$

dans laquelle on tient compte de la variation de densité de l'air, proportionnellement à la pression.

Le ventilateur, une fois établi, pourra extraire un volume d'air beaucoup plus grand que celui qui circulait sous l'influence du foyer, et que nous avons désigné par Q. Il suffira, pour cela, de lui imprimer une vitesse angulaire plus grande que celle correspondante au volume Q. Le volume déplacé croîtra proportionnellement à la vitesse angulaire imprimée à la machine (abstraction faite des frottements que l'air éprouve dans l'intérieur de l'appareil), et le travail moteur nécessaire pour lui imprimer le mouvement de rotation croîtra comme le cube du volume d'air extrait.

NOTE VI.

Sur les précautions à prendre, dans le cas où une explosion de gaz met le feu à la houille

Lorsque le feu a pris à des massifs de houille, par une inflammation de gaz hydrogène protocarboné, et que l'on s'est déterminé à isoler par des barrages le *quartier* de la mine incendiée, on doit laisser écouler un temps très-long, avant d'ouvrir les barrages et de rentrer dans les travaux isolés. Sans cela il pourrait arriver que le feu ne fût pas complétement éteint, et que l'accès de l'air dans les excavations où le gaz inflammable s'est accumulé, donnât lieu à une explosion des plus violentes. J'ai été moi-même témoin d'un fait de ce genre, qui aurait pu avoir les suites les plus graves, et j'avoue que je ne prévoyais nullement le danger contre lequel je désire mettre les mineurs en garde en publiant cette note. La couche de houille de Latour, près Firminy (Loire), où se dégageait du gaz inflammable, était exploitée provisoirement par un puits unique. Les travaux avaient une fort petite étendue, et l'aérage était activé par un foyer établi au bas du puits, auquel une ligne de caisses en planches, d'un pied carré de section intérieure, servait de cheminée. La ventilation obtenue par ce moyen était suffisante pour délayer le gaz, au point de le rendre inoffensif, à cause du faible développement des travaux, et de la situation des galeries qui étaient creusées, en descendant suivant la pente de la couche, à partir du puits.

Cependant il arriva que l'on dut réparer les

caisses en bois les plus rapprochées du fond du puits. La réparation dura assez longtemps, pour que les travaux se remplissent d'un mélange explosif, de sorte qu'il ne fut possible de rallumer le foyer qu'en usant des précautions nécessaires pour éviter tout accident. Bientôt après que le foyer fut rallumé, le gaz s'enflamma, sans détonation toutefois, et la fumée qui remonta par le puits montra que le feu avait pris quelque part au massif de houille. Je fis immédiatement fermer le puits hermétiquement par un plancher, sur lequel on entassa de la terre, et qui empêchait complétement l'accès de l'air; ce ne fut que huit jours pleins après cette opération, que la mine fut ouverte; elle était remplie de gaz irrespirable; mais il n'y avait plus de fumée ascendante par le puits, ni aucune odeur qui annonçât que le feu durait encore. Mon intention était de ne reprendre l'exploitation qu'après avoir mis les travaux en communication avec un autre puits existant déjà dans le voisinage.

Vingt-quatre heures après l'enlèvement du plancher, il y eut dans la mine une détonation épouvantable, qui fit irruption au dehors, renversa la machine à molettes, et couvrit tous les environs de poussière de houille. Comme il y avait un gardien près du puits, au moment de la détonation, le feu ne put pas être mis du dehors, et il n'y a pas de doute qu'il restait encore dans la mine, tenue fermée pendant huit jours entiers, des corps en ignition, probablement des fragments de houille ou de boisages, qui avaient allumé le mélange explosif répandu dans les galeries, mélange qui avait pu se former au moyen

de l'air atmosphérique venant de l'extérieur, comme tendrait à le faire croire le long intervalle écoulé entre l'enlèvement du plancher et la détonation.

NOTICE

Sur la fonte alliée de cuivre;

Par M. KRILOWSKI.

(*Ann. des mines russes*, 1836, n° 1.)

Les minerais de cuivre que l'on exploite sur le versant occidental de l'Oural, donnent, lorsqu'on les fond, outre le cuivre, un alliage de fonte et de cuivre qui contient ordinairement 10 p. o/o de ce métal, et même jusqu'à 14 p. o/o dans l'usine de Perm. Pour extraire le cuivre de cet alliage, on refond celui-ci sous le vent d'un soufflet dont la buse n'est inclinée que d'un degré, dans des fourneaux qui ressemblent beaucoup à des foyers de forge. Le fer s'oxyde et passe à l'état de scories, et le cuivre se réunit en bain sur le sol du fourneau.

Mais comme le cuivre ainsi obtenu contient encore 7 p. o/o de fer, et que les scories retiennent 2 p. o/o de cuivre, on fait subir à l'un et à l'autre une seconde opération.

On raffine le cuivre d'abord au four à réverbère, et ensuite au petit foyer.

Quant aux scories, on les réduit dans un haut-fourneau, comme on traite les minerais de fer dans les *stuckofen*. Il en résulte une loupe du poids de 120 à 160 livres que l'on extrait du fourneau, et que l'on traîne sur-le-champ au four d'affinerie, où on la scorifie comme l'alliage de fonte et de cuivre. On réduit encore les secondes scories, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'enfin il n'y reste plus qu'un quart pour cent de cuivre; alors on les rejette.

Ce mode de traitement est compliqué et dis-

pendieux; mais tant qu'on a cru que le fer et le cuivre pouvaient s'allier ensemble d'une manière intime, on n'a pas pensé qu'il fût possible d'en suivre un autre. Ce n'est que depuis que l'on sait que ces deux métaux se mélangent seulement sans se combiner chimiquement, que l'on a pu concevoir l'espoir de les séparer en mettant l'alliage à l'état de pleine fusion, et en enlevant le fer aussitôt qu'il serait solidifié en se refroidissant, ou en pratiquant dans le fourneau deux ouvertures de coulée placées à deux hauteurs différentes, pour faire écouler la fonte par l'une et le cuivre par l'autre. Ce moyen a été soumis à l'épreuve d'un essai en grand, en 1833, dans l'usine de Jugowskoy. Voici quels ont été les résultats de cet essai.

Un certain nombre de lingots de fonte cuivreuse, pesant ensemble 1000 livres, ont été placés à un même niveau sur le charbon, dans un petit foyer, dont la tuyère avait 14° d'inclinaison, et quand la matière métallique a commencé à fondre, on a eu soin de jeter des scories dessus de temps à autre pour la préserver de l'oxydation. Le tout étant devenu bien liquide, on a entretenu le bain dans cet état pendant une demi-heure, puis on a fait écouler la fonte et le cuivre successivement par deux ouvertures différentes.

Le cuivre que l'on a obtenu de cette manière ne retenait que 20 p. o/o de fer, et on a pu le passer à l'affinage au four à réverbère.

Quant à la fonte, on a trouvé qu'elle contenait depuis 1/4 jusqu'à 2 p. 100 de cuivre; on a essayé de l'employer à différents usages, et l'on a reconnu qu'elle se moule avec la plus grande facilité, qu'elle pénètre jusque dans les plus petites

cavités, qu'elle ne prend presqu'aucun retrait en se solidifiant, qu'elle peut recevoir un très-beau poli, qu'elle se trempe comme l'acier, que lorsqu'on la fait refroidir brusquement, elle a une cassure lamellaire et brillante, et qu'elle est extrêmement dure, tandis que, quand elle se refroidit lentement, elle prend une structure grenue à grain fin et mate, elle est tellement douce qu'on peut la travailler au tour avec la plus grande facilité, et elle est même malléable jusqu'à un certain degré.

On en a fait de petits canons qui ont paru tenaces et bien homogènes, mais malheureusement on ne les a soumis à aucune épreuve par la poudre.

Lorsque les pièces coulées avec cette sorte de fonte sortent des moules, elles se trouvent recouvertes d'une couche continue quoique extrêmement mince de cuivre métallique; en sorte que quand on les a laissées s'oxyder à l'air pendant un certain temps, elles prennent absolument l'aspect du bronze.

La consommation du combustible, dans cette expérience, a été double de ce qu'elle est ordinairement par le procédé d'oxydation; mais cela tient à ce que l'espèce de fourneau que l'on a employée ne convient pas pour une opération de ce genre. Le fourneau dont il faudrait se servir serait évidemment un demi-haut-fourneau; mais il n'en existe pas de ce genre dans l'usine de Perm; et comme le but principal de l'essai était de savoir quel parti on pourrait tirer de la fonte cuivreuse, la consommation de charbon était une circonstance peu importante.

Dans les usines de Perm, on obtient annuelle-

ment plus de dix mille pouds(1) de cette fonte, et l'ensemble des usines dans lesquelles on traite les minerais cuivreux de l'Oural, en produit environ cent mille pouds ; d'où il suit que, dans l'état des choses, plus de quatre-vingt mille pouds de fonte, que l'on pourrait en extraire, sont perdus.

(1) Le pound = 16kil.,472.

SUR LES PRODUITS GAZEUX

Des hauts-fourneaux, et sur leur emploi comme combustible;

Par M. R. BUNSEN, de Cassel.
(Traduit par M. Regnault, Ingénieur des mines.)

Ce mémoire renferme une partie d'un travail très-étendu, que j'ai entrepris avec M. Pfort, directeur de l'usine à fer de Veckerhagen, d'après les ordres de la direction supérieure des mines du duché de Hesse-Cassel. Ces recherches, que je ne présente pas comme épuisant entièrement la matière, méritent cependant d'être publiées; car elles comprennent les principales circonstances que l'on a besoin de bien connaître dans des expériences pratiques en grand sur un sujet qui intéresse au plus haut degré la métallurgie. Je diviserai ce travail en deux parties. Dans la première, je m'occuperai des gaz qui se dégagent des hauts-fourneaux à fer; dans la seconde, j'étudierai les gaz qui se dégagent des fourneaux à cuve plus petits, dont le gueulard reste obscur, comme ceux dans lesquels on fond les schistes cuivreux.

PREMIÈRE PARTIE.

SUR LES GAZ DES FOURNEAUX A FER.

Je commencerai par décrire l'appareil qui m'a servi pour recueillir les gaz des hauts-fourneaux et la méthode que j'ai suivie pour en faire l'analyse.

Le procédé le plus simple pour puiser le gaz à

une profondeur quelconque du fourneau paraît être, au premier moment, de plonger dans la cuve un tuyau d'une longueur convenable et de mettre la partie supérieure de ce tuyau en communication avec une cloche placée sur la cuve à mercure; mais cela suppose que la résistance que les gaz éprouvent dans leur mouvement ascensionnel à travers les matériaux qui remplissent la cuve, est assez supérieure à la résistance qu'éprouve, de la part des parois du tube, la portion des gaz qui le traverse, pour que celui-ci puisse encore déprimer le mercure de la cuve; mais cela n'a pas lieu, comme je m'en suis assuré par expérience.

J'ai employé l'appareil représenté, *Pl. VI, fig.* 1, que j'ai reconnu comme remplissant parfaitement le but que je me proposais :

a. Long tuyau en fer formé par des canons de fusil soudés.

b. Tuyau en plomb luté au bout du tuyau en fer.

c. Tube de chlorure de calcium pour dessécher les gaz.

ddd. Petits tubes en verre étirés aux deux bouts, de la capacité d'environ 15 cent. cubes, et attachés les uns aux autres par des tubes de caoutchouc.

e. Tube qui met l'appareil en communication avec une machine pneumatique.

On s'est assuré que cet appareil tenait bien avec la pression d'une demi-atmosphère, après quoi le tuyau a été recouvert d'un lut infusible, et de distance en distance (1 $\frac{1}{2}$ pied) on a fixé sur ce lut un anneau en fil de fer, ce qui donnait un moyen facile de compter la profondeur à laquelle était descendue l'extrémité du tuyau. Le tuyau

était enfoncé verticalement dans la cuve à une distance de 5 pouces de la paroi du gueulard, et au moyen du tube en plomb on amenait le gaz dans un endroit commode pour l'expérience. Les gaz traversaient tout l'appareil avec un excès de pression bien marqué. On pouvait les enflammer au bout de l'appareil, et ils continuaient à brûler tranquillement avec une flamme bleuâtre. Cependant, pour plus de sûreté, on a mis l'extrémité de l'appareil en communication avec une machine pneumatique, et on a aspiré de l'air à travers tout le système jusqu'à ce que l'on fût parfaitement sûr que l'appareil ne renfermait absolument que le gaz que l'on cherchait à obtenir. On fermait alors au chalumeau les tubes de verre destinés à recueillir le gaz, et on les marquait tout de suite sur place avec un diamant, afin d'éviter toute confusion. Ces tubes n'étaient plus ouverts ensuite qu'au moment d'en faire l'analyse sur le mercure.

Les analyses ont été faites dans un eudiomètre que j'avais gradué moi-même avec le plus grand soin et qui permettait d'apprécier le millième du volume de gaz que l'on emploie ordinairement pour ce genre d'analyses.

L'acide carbonique était déterminé en introduisant dans le tube gradué un petit globule de potasse fondue au bout d'un fil de clavecin et qui était traversé par quatre petites pointes de fil de fer qui maintenaient le globule de potasse à distance des parois de l'eudiomètre. L'acide carbonique ayant été absorbé, on dégageait tout de suite dans l'eudiomètre renfermant le mélange d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'hydrogène carboné, du gaz oxygène que l'on obtenait en chauf-

fant du chlorate de potasse dans une petite cornue. Après la détonation et l'absorption par la potasse de l'acide carbonique produit, il ne restait plus dans le tube que l'azote mélangé de l'oxygène en excès, que l'on absorbait lui-même au moyen d'un globule de phosphore. On a tenu compte, dans ces expériences, de la tension de la vapeur de l'acide phosphoreux produit, et l'on a admis qu'elle augmentait le volume de $\frac{1}{40}$. Avec ces données de l'expérience, on a évidemment tout ce qu'il faut pour calculer les proportions des gaz hydrogène, oxyde de carbone et hydrogène carboné qui se trouvent dans le mélange.

Voici les résultats des analyses faites sur les gaz qui ont été recueillis à Veckerhagen le 28 septembre, depuis deux heures du matin jusqu'à onze heures du soir.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Azote	55,58	60,07	64,63	60,94	62,30	59,96	63,01
Oxyde de carbone.	25,81	26,70	29,75	32,23	33,06	29,99	30,73
Acide carbonique. .	16,57	11,18	3,22	3,49	3,59	7,55	5,95
Hydrogène.	0,25	0,65	1,80	0,68	0,00	0,00	0,00
Hydrogène proto-carboné.	1,79	1,40	0,50	0,66	1,04	2,50	0,31
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Gaz N° I.

1. Profondeur de l'extrémité du tuyau au-dessous du gueulard. . . . . 3 pieds.
2. Distance de l'extrémité du tuyau au-dessous du niveau des charges. . . . 1 —
3. Pression du vent. . . 17 pouc.
4. Température du vent. 250°.
5. Marche du fourneau un peu troublée, scorie boursoufflée, un peu verdâtre, la flamme de

la tympe et du gueulard n'étant pas très-claire et un peu jaunâtre.

Gaz N° II.

1. Profondeur du tuyau au-dessous du gueulard. 4 pi. 5 po.

2. Profondeur du tuyau au-dessous du charbon. 2 0

3. Pression du vent. . . 16 po. 1

4. Température du vent. 243°.

5. Marche du fourneau : les couches s'inclinent un peu du côté du contre-vent; flamme de la tympe d'un jaune clair, très-brillante; flamme du gueulard pas entièrement transparente; minerai non fondu devant la tuyère; laitier visqueux; fumée du gueulard pas très-forte; fer de bonne qualité.

Gaz N° III.

1. Profondeur du tuyau au-dessous du gueulard. 6 pieds.

2. Profondeur du tuyau au-dessous du charbon. . . . . 3 —

3. Pression du vent. . . . . 16 po. 3

4. Température du vent. . 267°.

5. Marche du fourneau : flamme de la tympe tranquille, faiblement projetée en avant; flamme du gueulard jaunâtre; tuyère claire et tranquille; laitier de bonne allure quoiqu'un peu verdâtre; fumée du gueulard peu épaisse.

Gaz N° IV.

1. Profondeur du tuyau au-dessous du gueulard. . . . , ... 7 pi. 6 po.

2. Profondeur du tuyau au-dessous du charbon. 4 9

3. Pression du vent. . . 16 po. 8
4. Température du vent. 284°.
5. Marche du fourneau : flamme de la tympe et du gueulard faiblement brillante; tuyère claire et brillante; laitier très-coloré en vert; minerai non fondu devant la tuyère; descente inégale des couches. La vapeur d'eau a cessé de se montrer dans le tube à partir de ce point.

Gaz N° V.

1. Profondeur du tuyau au-dessous du gueulard. . . . . 9 pi. 0 po.
2. Profondeur du tuyau au-dessous du charbon. 7 10
3. Pression du vent. . . 16 po. 9
4. Température du vent. 289°.
5. Marche du fourneau : flamme de la tympe blanche, un peu fuligineuse, flamme du gueulard transparente, très-peu brillante, mais donnant un peu plus de fumée; tuyère pas très-claire; le laitier, qui s'élève très-haut dans le creuset, bouillonne sous le vent; il est fortement coloré en vert.

Gaz N° VI.

1. Profondeur du tuyau au-dessous du gueulard. . . . . , ... 12 pi. 0 po.
2. Profondeur du tuyau au-dessous du charbon. 9 4
3. Pression du vent. . . . 17 po.
4. Température du vent. 280° c.
5. Marche du fourneau : tranquille; flamme de la tympe et du gueulard un peu rougeâtre; laitier encore notablement vert; tuyère très-claire; fumée du gueulard très-forte.

Gaz N° VII.

1. Profondeur du tuyau au-dessous du gueulard. . . . . 15 pieds.

2. Profondeur du tuyau au-dessous du charbon. 13

3. Pression du vent. . . 17 po. 2

4. Température du vent. 313°.

5. Marche du fourneau : flamme de la tympe brillante et lancée en avant; flamme du gueulard transparente, rougeâtre et bleuâtre; tuyère très-claire; fumées épaisses; descente des charges régulière; laitier un peu verdâtre.

Le tableau qui précède nous montre plusieurs faits qui méritent d'être remarqués.

L'acide carbonique, qui se trouve d'abord en quantité assez notable dans la partie supérieure du fourneau, diminue rapidement quand on descend, et il reste ensuite sensiblement constant; il augmente seulement un peu en descendant. Cette plus forte proportion d'acide carbonique tient évidemment à un dégagement de ce gaz qui a lieu dans cette partie du fourneau, dégagement produit par le lit de fusion, et qui est facilité probablement par la grande quantité de vapeur d'eau qui se dégage également dans ces régions. Mais ce qui est surtout très-remarquable et en opposition avec ce que l'on avait cru jusqu'ici, c'est la constance presque absolue de la quantité d'oxyde de carbone que l'on rencontre depuis le niveau des charges jusqu'à une profondeur de 14 pieds, et qui très-probablement continue encore à avoir lieu à de plus grandes profondeurs.

Ce fait semble prouver que l'oxygène de l'air

lancé dans le fourneau, se trouvant en contact avec un grand excès de carbone, se brûle tout de suite à l'état d'oxyde de carbone, et la formation de ce gaz continue jusqu'à ce que, par un excès d'oxygène, il puisse lui-même se changer en acide carbonique. En effet, ne voyons-nous pas la plupart des corps simples former, par leur combustion directe dans l'oxygène, des degrés d'oxydation inférieurs, et ne passer aux degrés supérieurs que quand les degrés inférieurs sont combustibles par eux-mêmes. Le phosphore, qui est certainement au moins aussi combustible que le charbon, ne se change-t-il pas en acide phosphoreux quand l'air n'arrive sur lui qu'en petite quantité; il ne donne de l'acide phosphorique que quand l'oxygène est en excès. L'arsenic et le soufre, dans leur combustion directe, ne donnent jamais que des degrés inférieurs d'oxydation. Cela tient à ce que ceux-ci ne sont plus combustibles par eux-mêmes.

L'existence de l'hydrogène libre dans le mélange, s'explique par une décomposition de l'eau opérée par le fer réduit. Au reste, le fer n'est pas le seul qui produise cette décomposition; elle est aussi opérée par le charbon. Et, en effet, si l'on fait passer de la vapeur d'eau sur du charbon incandescent, on obtient pour produits du gaz hydrogène, de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique. J'ai fait quelques expériences sur cette décomposition de l'eau par le charbon. Dans un premier essai j'ai employé un charbon tel qu'on l'obtient dans la carbonisation en meule. Ce charbon étant chauffé au rouge dans un tube de porcelaine, j'ai fait passer dessus de la vapeur d'eau, et les gaz provenant de la décomposition ont été analysés dans l'eudiomètre, après avoir été séchés au

moyen du chlorure de calcium. Voici la composition de ce gaz en volume :

Acide carbonique. . . .	17,94
Oxyde de carbone. . . .	20,55
Hydrogène.	53,96
Hydrogène carboné. . .	7,55
	100,00

Comme les produits de la décomposition de l'eau par le charbon sont tous gazeux, il faut que l'on retrouve dans ces gaz le même rapport de l'oxygène à l'hydrogène, que dans l'eau. Or, d'après les résultats de l'analyse, on a le rapport de 1 : 2; ce résultat n'est pas tout à fait concluant, car l'on sait que les meilleurs charbons, carbonisés en grand, donnent encore à la calcination une quantité notable d'hydrogène proto-carboné, qui doit se mélanger avec les gaz provenant de la décomposition de l'eau, et qui augmente par conséquent la quantité d'hydrogène.

Pour qu'il ne restât pas d'incertitude sur cet objet, j'ai fait une nouvelle expérience, en employant cette fois un charbon qui avait été maintenu pendant quelque temps à une bonne chaleur blanche.

L'analyse des gaz m'a donné alors :

Hydrogène.	56,03
Oxyde de carbone. . . .	29,15
Acide carbonique. . . .	14,65
Hydrogène carboné. . .	00,17
	100,00

Cette analyse démontre complétement le fait énoncé, car nous en tirons le rapport de 1 à 1,9, entre l'oxygène et l'hydrogène.

On peut remarquer aussi que l'acide carbonique

et l'oxyde de carbone se trouvent précisément dans le rapport atomique de 2 à 1, il est possible que ce soit un effet du hasard. Cette analyse montre également que dans la décomposition de l'eau par le charbon, il ne se forme pas d'hydrogène carboné. Ce fait est contraire à une opinion assez généralement répandue, mais qui n'a eu probablement pour origine qu'une présomption présentée par quelque chimiste et s'est introduite dans les livres élémentaires comme un fait parfaitement établi. Si cette séparation des éléments de l'eau, et leur nouvelle combinaison à l'état d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, se font avec un dégagement de chaleur comme nous le remarquons dans la plupart des circonstances où l'eau est décomposée par les corps simples, il est évident qu'il faudra considérer cette chaleur comme une chaleur gagnée; et, dans ce cas, on pourrait s'attendre à un effet avantageux par l'injection d'un courant modéré de vapeur dans la cuve du fourneau; injection qui ne devra pas se faire toutefois par la tuyère. L'emploi de cette vapeur pourrait surtout être avantageux si l'on utilise la flamme du gueulard; l'intensité de la chaleur se trouverait notablement élevée par l'hydrogène que les gaz du gueulard renfermeraient dans ce cas en quantité considérable. Mais si ce dégagement présumé de chaleur n'a pas lieu au moment de la décomposition de l'eau, alors théoriquement la quantité totale de chaleur restera la même. Car le charbon, qui dans ce cas brûle par l'oxygène de l'eau sans dégagement de chaleur, met en liberté une quantité équivalente d'hydrogène qui dégage, en se brûlant par l'oxygène, une quantité de chaleur parfaitement égale, d'après la loi de Welter, à celle qu'aurait dégagée le

charbon en se combinant directement avec l'oxygène. Malheureusement la science ne nous présente aucun moyen de résoudre *à priori* la question, et la solution par la voie de l'expérience présente les plus grandes difficultés.

Quoi qu'il en soit, les expériences précédentes démontrent que le carbone décompose l'eau de la même manière que le fer, le zinc et les autres métaux, sans se combiner en aucune façon avec l'hydrogène qui devient simplement libre.

Les observations précédentes nous montrent de plus très-clairement les fonctions que remplissent les différentes parties de la cuve du haut-fourneau; on peut la diviser en trois étages. Dans le premier, la réduction se prépare; dans le second, elle s'exécute; enfin, dans le troisième, elle s'achève.

L'étage supérieur est caractérisé par un dégagement très-abondant de vapeur d'eau; il descend jusqu'à une profondeur de quatre pieds au-dessous du niveau des charges, il fait l'effet d'un fourneau de grillage. L'eau hygrométrique ou combinée du lit de fusion et du combustible s'échappe dans cette partie du fourneau. Les minerais argileux sont calcinés et s'agglomèrent sous forme de masses poreuses, et l'acide carbonique se dégage facilement, à la faveur de la grande quantité de vapeur d'eau.

Le second étage est caractérisé par la grande quantité d'oxyde de carbone qui s'y trouve, et qui s'élève à plus de 30 p. 0/0; il s'étend jusqu'à la partie inférieure des étalages; on peut l'appeler *étage réducteur*. L'oxyde de carbone, l'hydrogène carboné et l'hydrogène pénètrent dans les vides de la masse poreuse qui a été préparée dans l'étage supérieur. Le minerai de fer commence par

être ramené à l'état d'oxyde magnétique, puis il se réduit complétement dans les parties inférieures; la température n'est pas encore assez élevée pour produire la fusion des silicates calcaires.

Le troisième étage, l'étage inférieur comprend l'ouvrage; il fait l'office d'un fourneau de fusion. Le laitier commence à se former, le fer réduit se carbure, et se sépare des silicates terreux.

Après ces considérations théoriques, je vais exposer les principaux résultats que l'on peut déduire de ces observations pour la pratique, et je m'occuperai d'abord de répondre à cette question:

I. *De quelle manière doit-on enlever au fourneau les gaz réducteurs, pour s'en servir comme combustible?*

Si l'on suit les variations de la composition des gaz du haut-fourneau, à partir des couches supérieures, on remarque que c'est vers la profondeur de cinq à sept pieds du gueulard que ces gaz sont les plus riches en matières combustibles. Dans les parties plus élevées, ces gaz sont trop fortement chargés de vapeur d'eau, et c'est un grand inconvénient, non-seulement pour la combustion des gaz, mais encore pour l'usage auquel on voudra l'appliquer. Quant à la manière de dévier les gaz à cette profondeur, le procédé le plus convenable me paraît être d'établir à cette profondeur, dans la cuve du fourneau, une fente annulaire, dont la paroi supérieure, un peu plus avancée que la paroi inférieure, plonge vers le bas, et se trouve en communication avec un canal qui conduise les gaz à l'endroit où on veut les brûler. Ce procédé me paraît le plus convenable, parce que l'on re-

marque que dans l'axe du fourneau les gaz n'ont qu'un mouvement ascensionnel très-faible, tandis qu'au contraire, le long des parois unies de la cuve, ils s'élancent avec force. On pourrait aussi puiser ces gaz avec un tuyau que l'on enfoncerait dans la cuve jusqu'au point convenable; mais ce moyen présenterait le grave inconvénient de produire un vide, et par suite de troubler la régularité de la descente des charges. La résistance que les gaz éprouvent à traverser les charges, serait certainement une force suffisante pour les faire passer par l'anneau et le canal latéral. D'ailleurs, si cela n'avait pas lieu, il suffirait de surmonter d'une cheminée de tirage le fourneau dans lequel les gaz doivent être appelés. On n'aurait pas besoin, avec cette disposition, de couvrir le gueulard, ce qui pourrait faire rebrousser le vent par les tuyères.

La seconde question, qui peut être résolue d'après la connaissance de la composition des gaz du fourneau, est la suivante :

II. *Quelle est la portion de la chaleur totale qui se trouve perdue par les gaz qui sortent du gueulard?*

D'après la loi de Welter, la quantité d'oxygène brûlé, qui se trouve dans les gaz, est à la quantité d'oxygène qui serait nécessaire pour les brûler complétement, comme la quantité de chaleur qui s'est développée en réalité dans le fourneau est à la quantité de chaleur que pourront donner, par leur combustion, les gaz qui sortent du gueulard.

Si nous partons d'une composition moyenne des gaz du fourneau, nous aurons :

	Composition en volume.	Volume de l'oxygène brûlé.	Volume de l'oxygène nécessaire pour la combustion complète.
Azote.	60,94	0,00	0,00
Acide carbonique. . .	3,49	3,49	0,00
Oxyde de carbone. . .	32,59	16,29	16,29
Hydrogène.	2,32	0,00	1,16
Hydrogène proto-carb.	0,66	0,00	1,98
	100,00	19,78	19,43

d'où

$$19,78 + 19,43 : 19,43 :: 100 : x \qquad x = 49,55.$$

C'est-à-dire que jusqu'à présent *la moitié du combustible s'échappe du gueulard à l'état d'oxyde de carbone*. La perte réelle de chaleur est encore bien plus grande, car il y faut ajouter la chaleur qui a été prise par ces gaz, et qui est entraînée avec eux. Cette nouvelle perte peut être évaluée en faisant entrer quelques données sur le roulement du fourneau et la température des gaz du gueulard, température qui peut être déterminée par expérience.

Le fourneau de Veckerhagen reçoit le vent avec une pression moyenne de $1^{pi.},1$ (pied de Paris), la buse a pour diamètre $26^{lig.},5$; substituant ces données dans la formule de Koch, modifiée par Buff, et qui est :

$$G = 64,11.cd^2\sqrt{\frac{h(0,0946+h)}{267+t^o}},$$

dans laquelle h représente la pression manométrique exprimée en pieds de Paris ; c le coefficient d'écoulement qui se rapporte à cette pression, c'est-à-dire 0,831 ; b la hauteur du baromètre en lignes de Paris; d le diamètre de la buse; et enfin t la température en degrés centigrades du

vent, on trouve, pour le poids de l'air lancé dans le fourneau par minute, 10k.,432.

D'après la moyenne d'un mois entier, on brûle par minute 1k.,705 de charbon renfermant, d'après un essai, 0,017 p. o/o de cendres, et 5 p. o/o d'humidité.

La quantité moyenne de fer obtenu s'élève à 1k.,0218, qui a abandonné dans sa réduction 0,3938 d'oxygène. Les matières étrangères fondues s'élèvent à 4k.0314. Elles se composent d'après une analyse faite avec soin de :

Silicates.	83,52
Eau.	13,00
Acide carbonique.	3,48
	100,00

Elles dégagent par conséquent 0,1411 d'acide carbonique par minute. Si nous réunissons ces résultats, nous aurons pour le poids des gaz qui s'échappent du gueulard, par minute :

Air atmosphérique lancé par la machine soufflante.	10k.,432
Oxygène du minerai gazéifié. . .	0k.,394
Charbon gazéifié.	1k.,698
Acide carbonique de la castine. .	0k.,141
To al. . .	12k.,665

Le degré d'exactitude de ce résultat peut être vérifié d'après la composition des gaz du gueulard. En effet, dans 1 kilogramme de ce gaz, il y a de charbon contenu :

Dans l'acide carbonique. .	0,0150
Dans l'hydrogène carboné.	0,0076
Dans l'oxyde de carbone. .	0,1406
	0,1632

D'après cela, en déduisant le charbon de l'acide

carbonique fourni par la castine, on trouve 1k.,924 pour la quantité de charbon contenue dans le mélange gazeux qui sort du fourneau. D'après les registres du roulement, on a 1k.,688. Cette différence, qui est très-faible, tient en grande partie à une perte d'air par les tuyères.

Les 12k.655 possèdent, d'après une expérience que je citerai plus tard, une température de 993°,5 C. En prenant pour la chaleur spécifique moyenne le nombre 0,265, d'après un calcul que je donnerai aussi plus loin, on trouve pour le nombre d'unités calorifiques 3331,7. Or, pour produire cette chaleur, il faut brûler $\frac{3331,7}{7050}=0,4725$ de charbon qui se perdent ainsi par minute. La quantité totale de charbon brûlé s'élève à 1k.,688 par minute. Les gaz enlèvent donc, par la chaleur qu'ils possèdent, 28 p. o/o de ce charbon. Cette chaleur ne doit pas cependant être considérée comme complétement perdue : une partie est utilisée pour échauffer les couches supérieures à mesure qu'elles descendent jusqu'à la température de 993°, et pour chasser leur humidité. La véritable perte pourrait se calculer si l'on connaissait la température des gaz au gueulard ; mais celle-ci est impossible à déterminer par l'expérience, parce qu'elle est trop variable. On peut admettre qu'elle change de 0° à 600°. La véritable perte peut être déterminée plus exactement par le calcul, en cherchant la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer les couches supérieures et pour vaporiser l'eau. La masse de combustible et de minerai qui se trouve au-dessus de la couche, dans laquelle nous avons déterminé la température a 3 pieds de hauteur ; correspond à une charge, et pèse 615k.,6 ; comme

dans une minute il descend 0,00132 d'une charge, il en résulte que dans l'espace de chaque minute, un poids de $0,00132 \times 615^{k.},6$ ou $0^{k.},86$ du lit de fusion, sont élevés à une température de 993°, et l'eau contenue se trouve vaporisée. Or, d'après l'analyse rapportée plus haut, les $0^{k.}86$ de mélange renferme 0,1118, qui, en se vaporisant, enlèvent 59,8 d'unités de chaleur, et consomment 0,0084 de charbon. La quantité totale de charbon brûlé par minute s'élevant à $1^{k.},688$, il en résulte qu'un demi pour cent de la quantité totale du charbon brûlé dans le fourneau, est consommé pour effectuer cette vaporisation.

La portion de mélange qui descend par minute est donc, déduction faite de l'eau, de 0,7483 qui sont portés à la température de 993°. Si l'on prend pour la chaleur spécifique de ce mélange la fraction 0,340, on trouve que $0^{k.},7483$ d'eau serait portée par cette quantité de chaleur à une température de $993 \times 0,34 = 337°,6$ ou 1 kilogr. d'eau à 252°,6. Or, pour produire ce nombre 252,6 d'unités de chaleur, il faut une quantité de charbon égale à $\frac{252,6}{7050} = 0^{k.},0358$, c'est-à-dire 2,12 pour cent de la quantité totale.

Maintenant que l'on retranche cette quantité de chaleur utilisée que nous venons de retrouver, de celle emportée par les gaz à la profondeur de 5 pieds, on trouve en dernière analyse : *que 25,4 p. 0/0 de combustible sont brûlés en pure perte pour communiquer aux gaz la chaleur qu'ils possèdent au moment où ils sortent du gueulard, et qu'en somme, plus de 75 p. 0/0 de combustible, se trouvent perdus dans le procédé actuel du haut-fourneau.*

Cette perte de chaleur paraît énorme au premier abord, mais avec un peu d'attention on se l'explique facilement quand on compare la grande quantité de chaleur dégagée dans le fourneau aux faibles effets qu'elle produit, en réduisant le minerai et opérant la fusion de la fonte et du laitier.

Pour se faire une idée bien nette sur cet objet, il n'est peut-être pas sans intérêt de déterminer par expérience la quantité de chaleur consommée dans les différentes régions du fourneau. Si nous admettons avec M. Dumas que la température de l'ouvrage soit de 2000°, les 0,00132 de lit de fusion qui descendent par minute sont portés à cette température; mais ces matières avaient déjà pris dans les parties supérieures, comme nous l'avons vu plus haut, une température de 1000°, et ont consommé pour cela 2,6 du combustible total. Pour atteindre une température double, il lui faut une quantité double de chaleur, en admettant que la chaleur enlevée à l'état latent par les gaz qui se forment au moment de la réduction soit égale à celle nécessaire pour vaporiser l'eau des couches supérieures, ce qui probablement est un peu trop faible. Dans la réduction du minerai, d'après ce qui a été dit, 0,0301 de charbon sont changés par minute en oxyde de carbone, et correspondent à 1,7 p. 0/0 du combustible total. La quantité totale de combustible brûlé dans l'*espace de réduction* s'élève donc à 4,3 p. 0/0, et le reste, 18,6 sont employés dans l'ouvrage pour fondre le fer et le laitier. En rassemblant tous ces résultats, on trouve qu'en désignant par 100 la chaleur que le combustible est capable de donner, on a :

Chaleur enlevée par les gaz du gueulard. . .	75,0
Chaleur utilisée dans l'espace de dessiccation et de calcination.	2,4
Chaleur utilisée dans l'espace de réduction. .	4,3
Chaleur utilisée dans l'espace de fusion. . . .	18,6
	100,0

J'aborde maintenant la question la plus importante pour la pratique :

III. *De quelle manière les gaz du gueulard peuvent-ils être employés avec le plus d'avantage ?*

En nous bornant ici à examiner leur emploi dans le traitement du fer; on peut les utiliser :

1° Pour refondre la fonte et l'acier naturel ;

2° Pour chauffer les chaudières des machines à vapeur qui font marcher la soufflerie ;

3° Pour carboniser le combustible qui doit alimenter le fourneau.

Nous allons examiner successivement ces trois espèces d'emploi.

Emploi des gaz du gueulard pour la refonte de la fonte de fer.

Si l'on part de la donnée suivante, qui est relative à l'usine de Veckerhagen, que dans le haut-fourneau on brûle par 24 heures 5244 livres de charbon, et que, d'après les considérations qui précèdent, les $\frac{3}{4}$ de ce combustible, c'est-à-dire 3933 livres sont emportées par les gaz du gueulard, on peut facilement calculer quelle est la quantité de fer qui pourrait être fondue par ce combustible perdu. Dans le fourneau à réverbère de Veckerhagen, on brûle, pour fondre 100 livres de fer, 40,19 livres de

bois séché à l'air. En admettant même que tout le charbon de ce bois soit utilisé dans la combustion, cette quantité de bois correspond à 15,46 livres de charbon. Ainsi, le combustible perdu serait susceptible de fondre par 24 heures 254 quintaux de fer.

Mais la possibilité d'utiliser les gaz du gueulard pour la refonte de la fonte au fourneau à réverbère, dépend moins de la quantité totale de chaleur que ces gaz sont susceptibles de fournir, que de l'intensité calorifique qu'ils peuvent produire. Ainsi la première chose dont nous devons nous occuper, c'est de déterminer la température que peuvent prendre les gaz en brûlant. On y parvient facilement d'après la connaissance de la composition de ces gaz.

	Composition en volume,	Composition en poids.	Poids de l'oxygène nécessaire pour la combustion.
Azote.	60,94	0,6090	
Acide carbonique. .	3,49	0,0545	
Oxyde de carbone.	32,59	0,3246	0,1844
Hydrogène.	2,32	0,0016	0,0128
Hydrogène carboné.	1,80	0,0103	0,0406
			0,2378 qui
correspond à : air atmosphérique. .			1,0206

Un kilogramme de ces gaz combustibles donne, d'après la quantité d'oxygène nécessaire pour en opérer la combustion, 640,86 unités de chaleur. Cette quantité de chaleur au moment où elle se dégage est prise par 2,0206 de gaz. Si cette quantité de chaleur était communiquée à un poids égal d'eau, celle-ci prendrait une température de 317°, 26. La température des gaz s'obtiendra en divisant le nombre 317,26 par la chaleur spécifique moyenne des gaz. Celle-ci peut

être calculée de la manière suivante, en partant des résultats de Laroche et Bérard.

Azote.	0,6888	à quoi correspond, en chaleur spécifique.	0,1883
Acide carbonique.	0,2928		0,0647
Vapeur d'eau. . .	0,0184		0,0156
	1,0000	mélange qui a pour chaleur spécifique.	0,2686

La température que les gaz du gueulard peuvent produire dans le cas le plus favorable en brûlant avec de l'air froid est donc $\frac{317,2}{0,2686} = 1180$. D'après M. Pouillet, la fonte ne devient liquide qu'à 1200°. Il résulte donc de là : qu'en brûlant les gaz du gueulard avec de l'air froid, on ne peut pas atteindre la température de la fusion de la fonte de fer.

L'emploi de l'air chaud étant devenu maintenant à peu près général dans les usines à fer; on peut se demander si en employant cet air échauffé pour opérer la combustion des gaz, on n'obtiendrait pas l'intensité de chaleur nécessaire pour liquéfier la fonte. Admettons que les 1k.,0206 d'air nécessaire pour brûler 1 kilogr. de gaz combustible aient été portés à une température de 200°, comme cela a lieu le plus communément, on aura dû consommer pour cela 54,78 d'unités de chaleur; en effet 1k.,0206 d'eau serait porté par cette même chaleur à une température de 200 + 0,2669 ou à 53°,38, et 1 kilogr. d'eau serait porté par cette chaleur à une température de 1,0206 × 53,38 = 54°,78. 1 kilogr. du mélange de gaz brûlé ayant pour chaleur spécifique 0,2686 reçoit donc par ces 54,78 unités de chaleur un accroissement de température de $\frac{54,78}{0,2686}$. L'accroissement de température de la

quantité totale des gaz est donc de $\frac{54,78}{0,2686 \times 2,0206}$ ou de 100°,9. Ainsi en employant l'air chauffé à 200°, on pourra atteindre une température de 1280°,9. Il résulte encore de là : *que les gaz du gueulard brûlés avec de l'air chauffé, ne peuvent pas encore servir pour la refonte du fer. Car dans les circonstances les plus favorables l'intensité calorifique s'élèverait à peine de 80° au-dessus du point de fusion* (1).

Mais on peut se demander si en employant ces gaz chauds avec la température qu'ils possèdent en sortant de la cuve, on ne pourra pas atteindre une température suffisante ?

C'est pour répondre à cette question qu'il nous a paru nécessaire de déterminer la température qui a lieu à une profondeur de 5 pieds. Et nous avons fait dans ce but une expérience directe à Veckerhagen le 12 novembre. Je me suis servi pour cela d'un procédé qui, exécuté avec les soins convenables, peut donner une exactitude suffisante, et se recommande par sa grande simplicité.

Une bandelette de cuivre de 2 pouces de large et de l'épaisseur d'une carte à jouer, a été enroulée en spirale et attachée à un long fil d'archal. Elle pesait en tout 142gr.,3. A cause de la très-grande surface que présente le rouleau, il se

(1) Ce résultat a été vérifié depuis à Veckerhagen. On a amené les gaz puisés à 7 pieds de profondeur dans la cuve, par un tuyau de 6 pouces de diamètre dans un petit fourneau à réverbère placé à plus de 60 pieds de distance, et on les a brûlés avec de l'air chaud. On est parvenu à fondre la fonte ; mais elle n'a jamais pu prendre le degré de liquidité nécessaire pour pouvoir être coulée.

met en équilibre de température en moins de 30 secondes, avec l'eau froide dans laquelle on le plonge, lors même qu'il a été porté à la chaleur rouge. Si l'on plonge ce rouleau porté à des températures différentes dans la même quantité d'eau froide, en ayant soin de se tenir dans les mêmes circonstances, les quantités de chaleur prises par l'eau seront nécessairement entre elles comme les températures que possédait le rouleau métallique. Or, on peut, dans une expérience préliminaire, mesurer la quantité de chaleur que prend l'eau quand on y plonge le rouleau porté à une température qui peut être appréciée avec le thermomètre ordinaire, et l'on peut ensuite déterminer par une simple proportion des températures très-élevées, d'après la chaleur qu'acquiert l'eau en y plongeant le rouleau chauffé, en négligeant toutefois l'accroissement que la chaleur spécifique du cuivre reçoit avec la température.

L'eau dans laquelle on plongeait le rouleau chauffé, était contenue dans un vase en verre très-mince, qui en était rempli aux $\frac{2}{3}$. Elle pesait 714 gr. On avait déterminé par des expériences préliminaires le refroidissement que subissait cette eau pendant un temps donné pour des différences connues de température. Le thermomètre que l'on a employé dans ces expériences, avait 40° d'excursion sur son échelle, il était assez sensible pour permettre d'apprécier une différence de $\frac{1}{100}$ de degré.

Le rouleau ayant été maintenu pendant une demi-heure dans un bain de chlorure de zinc entretenu à 200°, on l'a plongé rapidement dans l'eau. La température de l'eau qui était primi-

tivement de 12°,46 s'est élevée à 15°,24. La durée de l'expérience a été d'une minute, la moyenne différence de la température de l'eau sur l'air de 1°,26. La perte de chaleur faite par l'eau pendant l'expérience a été de 0°,02. Ainsi un accroissement de température de l'eau de 2°,78 C. correspond à 200.

Pour déterminer la température qui a lieu dans la cuve du haut-fourneau à une profondeur de 5 pieds au-dessous du gueulard, on a fait descendre un tuyau de fer jusqu'à cette profondeur, puis on l'a fixé d'une manière solide avec des pinces. Le rouleau de métal a été descendu par ce tuyau et maintenu pendant une demi-heure. On l'a ensuite retiré rapidement et plongé dans l'eau. La température de cette eau est montée depuis 10°,7 jusqu'à 24°,41. La durée de l'expérience a été d'une minute : la différence moyenne de température entre l'eau et l'air de 8°. La perte de chaleur de l'eau pendant la durée de l'expérience de 0°,1. Ce qui donne pour l'accroissement de température de l'eau 13°,81. Et si l'on pose la proportion :

$$2,78 : 13,81 :: 200 : x.$$

On en déduit pour la température du fourneau à cette profondeur de 5 pieds, 993°,5. Ce nombre ne doit pas s'éloigner beaucoup de la vérité, d'après toutes les précautions que l'on a prises dans l'expérience. Dans tous les cas, cette température ne peut pas être plus faible, car toutes les fautes d'observations tendent à la diminuer. Il faut remarquer de plus, qu'ayant été obligé de maintenir le gueulard découvert pendant tout le temps de l'expérience, la température du vent était descendue à 110°. On peut conclure

de là que dans la marche ordinaire du fourneau, la température à la profondeur de 5 pieds dépasse 1000°. Pour déterminer l'influence de cette haute température sur la chaleur totale dégagée par la combustion des gaz du gueulard, il faut commencer par déterminer leur capacité calorifique :

Azote.	0,6090	à quoi correspond en chaleur spécifique.	0,1665
Acide carbonique. .	0,0545		0,0120
Oxyde de carbone.	0,3246		0,0769
Hydrogène.	0,0016		0,0053
Hydrogène carboné.	0,0103		0,0043
	1,0000	mélange ayant pour chaleur spécifique.	0,2650

Pour élever 1 kilogr. de ces gaz à la température de 1000°, il faudra employer 1000 × 0,265 ou 265 unités de chaleur. Cette quantité de chaleur se répartit sur les 2k.,0206 de gaz résultant de la combustion, et ceux-ci prendraient, s'ils avaient la même chaleur spécifique que l'eau, un accroissement de température de $\frac{265}{2,0206}=$ 131°,1. Mais la chaleur spécifique de ces gaz est de 0,2686. L'accroissement de température est donc de $\frac{131°,1}{0,2686}=$ 488°. Ainsi, dans l'emploi du vent froid, on obtiendra par la combustion des gaz sortant immédiatement, avec la température qu'ils possèdent à la profondeur de 5 pieds, une température de 1668°, et par l'emploi du vent chaud, cette température pourra monter jusqu'à 1769°. Le résultat final de ces calculs est donc *qu'en brûlant les gaz du gueulard avec la température qu'ils possèdent à la profondeur de* 5 *pieds au-dessous du niveau des charges, on aura une chaleur suffisante pour liquéfier la fonte.*

Si les dispositions de l'usine ne permettent pas de placer le fourneau destiné à brûler les gaz tout auprès du gueulard, on aura encore grand avantage à les conduire plus loin et à les faire brûler dans les fourneaux à réverbère destinés à la refonte du fer. Une très-petite quantité de combustible brûlé sur la grille suffira alors pour faire atteindre la température nécessaire pour produire la fusion.

2. *De l'emploi des gaz du gueulard pour faire marcher la machine à vapeur de la soufflerie.*

Un haut-fourneau de la grandeur de celui de Veckerhagen a besoin, pour sa soufflerie, d'une force de 2 chevaux. Une machine de Henschel de cette force consomme par heure 35 livres de bois de hêtre.

Admettons que tout le charbon du bois soit utilisé dans la combustion, alors les 35 livres de bois correspondent à 13 livres de charbon. D'après ce qui a été dit plus haut, on brûle dans le haut-fourneau, par heure, 218$^{\text{liv.}}$,5 de charbon, les $\frac{3}{4}$ ou 163,8 se perdent dans le procédé actuel. Or, 13 est environ le $\frac{1}{12}$ de 163,8. Il en résulte donc *que $\frac{1}{12}$ au plus de la chaleur actuellement perdue est suffisant pour faire marcher la soufflerie du fourneau.*

Il est probable qu'on atteindrait ce but avec une quantité encore moindre de combustible, car nous avons supposé que le bois produisait son maximum théorique de chaleur, ce qui n'a jamais lieu; les gaz du gueulard sont, au contraire, sous la forme la plus convenable pour chauffer les chaudières des machines à vapeur.

Cette dernière application de la flamme perdue du haut-fourneau sera certainement du plus

grand intérêt pour l'industrie du fer, car elle permettra d'établir les hauts-fourneaux dans des localités où il n'y a pas de chute d'eau.

Enfin, pour ce qui regarde l'emploi de la flamme perdue à la carbonisation du combustible nécessaire pour le haut-fourneau, c'est une chose dont l'expérience a déjà suffisamment démontré l'efficacité. Des expériences directes, qui feront le sujet d'un autre travail, apprécieront l'avantage que l'on pourra obtenir par cette application.

SECONDE PARTIE.

DES GAZ QUI SE DÉGAGENT DES FOURNEAUX OU L'ON FOND LES SCHISTES CUIVREUX.

Les expériences suivantes ont été faites dans l'usine à cuivre la Friedrichs-Hütte, et les gaz ont été recueillis au moyen de l'appareil qui avait servi à Veckerhagen; mais on reconnut bientôt qu'on pouvait se passer de la machine pneumatique pour soutirer les gaz en employant un tube de chlorure de calcium dont les extrémités ne sont pas bouchées avec du coton : les gaz traversent alors d'eux-mêmes les tubes, et cela avec assez de force pour qu'en les dirigeant sur une lumière on puisse produire un dard de chalumeau. D'après la nature des substances qui sont traitées dans les fourneaux où l'on fond les schistes cuivreux, on pouvait s'attendre à trouver parmi les gaz des acides sulfureux et hydrosulfurique. L'acide sulfureux a été seul reconnu. On se débarrasse facilement de ces substances en les faisant absorber par du peroxyde de manganèse; mais je ferai ici, pour l'acide sulfureux, une remarque à laquelle on n'a pas eu égard jusqu'ici,

et qui peut facilement donner lieu à des erreurs graves. Si dans le mélange gazeux il se trouve à la fois de l'acide sulfureux et de l'oxygène, l'acide sulfureux est d'abord absorbé par le peroxyde, il se forme de l'hyposulfate de manganèse qui prend bientôt lui-même de l'oxygène en se changeant en sulfate. Cette dernière quantité d'oxygène forme le quart du volume de l'acide sulfureux absorbé, comme le montre l'expérience suivante :

Volume de l'acide sulfureux.	37,6
Id. de l'oxygène mélangé.	18,6
Résidu d'oxygène après l'absorption par le peroxyde de manganèse.	9,1

Ainsi 9,5, c'est-à-dire 1/4.37,6 d'oxygène ont été absorbés pour changer l'hyposulfate de manganèse en sulfate. Je n'ai pas eu occasion d'utiliser cette remarque dans les recherches dont il s'agit ici ; car je n'ai jamais rencontré dans mes mélanges gazeux ni oxygène ni hydrogène sulfuré. Pour déterminer l'acide sulfureux, il est convenable d'employer un petit sac de peau que l'on remplit de peroxyde, et que l'on attache à un fil de clavecin, au moyen duquel on le fait parvenir dans la cloche à travers le mercure. Comme le mercure ne mouille pas la peau, il est difficile d'éviter qu'une petite portion d'air ne soit entraînée avec elle dans la cloche ; mais il est facile de tenir compte de cette petite cause d'erreur. Pour cela il suffit de lire d'abord exactement le volume du gaz, d'introduire le petit sac, et de lire immédiatement après le niveau du mercure, on attend six ou huit heures, temps nécessaire pour que l'absorption soit complète; on note de nouveau le volume. Enfin on fait une dernière détermination après avoir retiré le petit sac. Le volume, dis-

paru pendant le séjour du peroxyde dans la cloche, donne l'acide sulfureux; et si on le retranche de la différence entre le dernier volume observé après que le manganèse a été retiré de la cloche, et le volume primitif du gaz soumis à l'expérience, on aura une différence qui représentera l'air introduit accidentellement. Ce procédé est suffisamment exact quand l'acide sulfureux ne dépasse pas 2 à 3 p. o/o, parce qu'alors l'absorption par le peroxyde de manganèse se fait très-lentement, et qu'elle peut être regardée comme nulle immédiatement après l'introduction du peroxyde. Les gaz qui proviennent des parties supérieures du fourneau se brûlent complétement par l'oxygène, pourvu qu'on n'ajoute pas celui-ci en trop grande quantité; mais pour avoir une combustion complète des gaz qui proviennent de profondeurs plus grandes, on est obligé d'ajouter dans l'eudiomètre un mélange d'oxygène et d'hydrogène dans les proportions qui forment l'eau.

J'ai recueilli les gaz dont les analyses suivent, les 5 et 6 avril de cette année, avec l'aide de M. l'Oberbergrath Fulda. Le fourneau marchait :

1. Au coke avec l'air chaud.

2. Avec un mélange de coke, et de 1/5 de charbon de bois à l'air chaud.

3. A l'air chaud, avec du charbon de bois seul.

4. A l'air froid et au charbon de bois.

Le tableau suivant renferme réunies les analyses des gaz tirés à différentes profondeurs.

Gaz des régions supérieures du fourneau.

	I.	II.	III.	IV.
Azote.	68,45	68.31	66,94	67,97
Acide carbonique. .	11,81	10,62	10,67	7,41
Acide sulfureux. . .	1,55	1,07	0,87	0,86
Gaz des marais. . . .	2,63	2,81	3,49	3,77
Oxyde de carbone. .	13,62	17,19	18,03	19,07
Hydrogène.	1,94	» »	» »	0,92
	100 »	100 »	100 »	100 »

Gaz des régions inférieures.

	V.	VI.	VII.	VIII.
Azote.	70,52	68,99	66,74	64,68
Acide carbonique . .	21,03	23,42	18,30	20,11
Acide sulfureux. . .	1,04	1,12	0,48	0,21
Gaz des marais. . . .	1,47	5,86	2,07	0,53
Oxyde de carbone. .	2,79	0,61	5,52	11,06
Hydrogène.	3,17	» »	6,89	3,44
	100 »	100 »	100 »	100 »

I.

1. Gaz retirés à la profondeur de 6 pieds au-dessous du gueulard, ou de 2 pieds au-dessous du niveau des couches; le fourneau étant alimenté avec du coke de Schaumburg.

2. Température du vent. . . . . . . 135°,6.

3. Pression du vent. . . . . 18 lignes.

4. Température des gaz du gueulard. 300°.

5. Gaz inflammables, seulement après avoir été chauffés.

6. Odeur des gaz empyreumatiques.

7. Scories extrêmement fluides.

II.

1. Profondeur, 5 pieds au-dessous du gueulard,

2 pieds au-dessous du niveau des charges. Le fourneau étant alimenté avec 4/5 de coke de Schaumburg, et 1/5 de charbon de bois.

2. Température du vent. . . . . . 123°,C.

3. Pression du vent. . . . . 18 lignes.

4. Température des gaz du gueulard. 250°

5. Gaz non inflammables, sans avoir été chauffés préalablement.

6. Odeur empyreumatique, semblable à celle du gaz de l'essai I.

7. Scories bien fondues.

III.

1. Profondeur, 5 pieds au-dessous du gueulard, et 2 pieds au-dessous du niveau des charges. Le fourneau marchant entièrement au charbon de bois.

2. Température du vent. . . . . 145°, C.

3. Pression du vent. . . . . 17 lignes.

4. Température des gaz au gueulard. 200°

5. Les gaz du gueulard brûlent de temps à autre sans avoir été chauffés.

6. La flamme devant le trou de coulée est plus petite qu'à l'ordinaire; et celle du gueulard, qui est employée pour chauffer le vent, est au contraire extrêmement grande.

7. Scories un peu moins fluides.

IV.

1. Profondeur, 5 pieds au-dessous du gueulard, et 2 pieds au-dessous du niveau des charges. Le fourneau allant au charbon de bois.

2. Température du vent. . 10°

3. Pression du vent. . . . 19 lignes.

4. Les gaz brûlent facilement sans avoir besoin d'être chauffés.

5. La flamme ramenée au-dessus des avant-creusets est très-forte et d'une couleur d'un rouge jaunâtre.

6. Scories peu fusibles.

V.

1. Profondeur 12 $\frac{1}{2}$ pieds au-dessous du gueulard et 11 pieds au-dessous du niveau des charges. Le fourneau marche avec $\frac{4}{5}$ coke de Schaumburg et $\frac{1}{5}$ charbon de bois.

2. La température du vent. . . 135° C.

3 Pression. . . . . 18 $\frac{1}{2}$ lignes.

4. Les gaz ont une odeur de naphtaline et ne s'enflamment pas sans avoir été préalablement chauffés.

5. Scories assez fluides.

VI.

1. Profondeur 12 pieds au-dessous du gueulard, 11 pieds au-dessous du niveau des charges. Le fourneau est alimenté avec du coke de Schaumburg.

2. Température du vent. . . . 143°.

3. Pression. . . . . 19 lignes.

4. Les gaz avaient une odeur de naphtaline et n'étaient pas inflammables par eux-mêmes.

5. Scories très-fluides.

VII.

1. Profondeur 12 pieds au-dessous du gueulard ; le fourneau marche au charbon de bois.

2. Température du vent. . . . 155°,6.

3. Pression. . . . . 18 lignes.
4. Température des gaz. . . . 280°.
5. Marche du fourneau comme dans III.

VIII.

1. Profondeur 12 pieds au-dessous du gueulard. Marche au charbon de bois.
2. Température du vent. . . . 10°,6.
3. Pression. . . . . 19 lignes.
4. Les gaz ne s'enflamment pas sans avoir été préalablement fortement chauffés; ils ont une odeur particulière non désagréable.
5. Les scories plus visqueuses qu'à l'ordinaire.
6. Température des gaz du gueulard. . 285°.

II. *Considérations générales sur la composition des gaz.*

Si l'on admet que les gaz qui sortent du fourneau proviennent uniquement de la combustion de l'air lancé dans la cuve, et ne renferment pas en mélange des produits de distillation opérée par la haute température à laquelle sont soumises les matières traitées dans le fourneau, il faut que l'azote libre soit à l'oxygène renfermé dans les gaz dans le même rapport que dans l'air atmosphérique, c'est-à-dire dans celui de 79 : 21. Si l'on calcule ce rapport pour les mélanges gazeux tirés des régions supérieures du fourneau, on trouve que le nombre qui représente l'oxygène est dans les n° 1, 2, 3 et 4 de 23,4, 23,3, 24,2 et 20,6, c'est-à-dire très-rapproché du nombre 21. Ce résultat peut servir de contrôle pour les analyses, et démontre en même temps que les matières dégagées par distillation sont en proportion tout à fait minime par rapport à celles qui ré-

sultent de la combustion. A la profondeur de 12 pieds, les gaz présentent une quantité d'oxygène qui diffère au contraire notablement de la quantité normale. C'est là un fait tout à fait inattendu, on ne conçoit pas au premier coup d'œil comment ces gaz, en traversant une couche de matières qui ne sont pas encore en ignition, peuvent éprouver une diminution dans leur quantité d'oxygène Cependant, quand on examine la chose de plus près, on aperçoit facilement la cause de cette anomalie. Elle tient à ce que, à cette profondeur de 12 pieds dans l'intérieur de la cuve, on se trouve précisément dans la région où la combustion par l'air atmosphérique est complète et où commence le dégagement des gaz produits par la distillation du combustible : dans cette région, il n'a pas encore pu s'opérer un mélange complet et homogène de ces produits de distillation avec les produits de combustion : ce mélange ne s'effectue que dans les parties supérieures de la cuve. Il résulte de là cette conséquence importante : *que l'analyse des gaz du fourneau ne donne leur véritable composition moyenne que dans les parties supérieures de la cuve.*

Ces considérations nous déterminent à mettre de côté les analyses des gaz tirés à de grandes profondeurs du fourneau, et à ne conserver que celles faites sur les gaz pris dans les parties supérieures. Ces dernières ne nous présentent que des différences de composition très-faibles, quelle que soit d'ailleurs la nature du combustible qui ait alimenté le fourneau. On trouve des différences plus grandes suivant que le fourneau a marché à l'air chaud ou à l'air froid.

L'acide sulfureux ne s'élève jamais à plus de

1 à 1 ½ 0/0, quantité qui est plus faible qu'on n'aurait été porté à le croire d'après la nature des matières que l'on fond dans le fourneau. La quantité de ce gaz devient double quand le fourneau marche au coke; ce qui montre que le coke de Schaumburg renferme une quantité considérable de pyrites, et explique très-bien les difficultés que l'on a rencontrées dans l'emploi de ce combustible dans les hauts-fourneaux à fer. De même qu'il est facile de calculer le pouvoir calorifique d'un combustible dépourvu d'hydrogène d'après la composition des produits gazeux qu'il donne par la combustion, de même il est facile de calculer la quantité moyenne de soufre qui se trouve dans un lit de fusion par la détermination de l'acide sulfureux dans les gaz qui s'échappent du fourneau. Ce mode de détermination est de beaucoup le plus exact, et permet d'apprécier avec précision la quantité de cette substance, qui exerce une influence si nuisible sur la plupart des opérations métallurgiques.

Dans les expériences qui nous occupent, si on prend la différence entre la quantité d'acide sulfureux obtenu quand le fourneau marche au coke et quand il marche au charbon de bois, on trouve, d'après l'analyse n° III, que le coke employé dans l'usine la Friedrichs-Hütte renferme 2 0/0 de soufre. Cette nouvelle méthode de détermination de la quantité de soufre contenue dans le coke est d'autant plus facile à exécuter, qu'elle n'exige que la détermination de l'acide sulfureux et celle de la quantité de carbone contenue dans les gaz des fourneaux sans qu'on ait besoin de s'inquiéter des autres produits gazeux.

Le gaz des marais se trouve en quantité un

peu plus faible quand le fourneau marche au coke que quand il est alimenté par le charbon de bois, ce qui tient sans aucun doute à ce que la carbonisation du bois se fait à une température beaucoup plus basse que celle de la houille, et, par conséquent, que cette dernière est toujours beaucoup plus complète.

L'oxyde de carbone augmente à mesure que l'acide carbonique diminue, ce qui tient évidemment à la facilité avec laquelle ces deux gaz se changent l'un en l'autre.

La loi qui a été généralement admise dans la pratique, et qui consiste en ce que la chaleur développée par un même combustible est proportionnelle à la quantité de ce combustible qui est réduite à l'état de gaz, doit être modifiée d'après lès recherches précédentes; car il se produit dans la combustion deux produits gazeux, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone, en proportions variables, et l'un de ces gaz renferme deux fois plus de carbone que l'autre. Ici il se présente encore une question très-importante pour la pratique: la quantité variable de charbon brûlé par une même quantité d'air ne dépend-elle que des circonstances dans lesquelles la combustion se fait, et est-elle indépendante de la nature du combustible?

Pour répondre à cette question, il est nécessaire de calculer d'abord, d'après les analyses précédentes, la quantité du combustible brûlé par une partie d'air.

Dans l'essai n° I, on a trouvé 6845 c.c. d'azote qui pèsent 8$^{g.}$,6788 et qui ont été donnés par 11$^{g.}$,256 d'air. Le charbon réduit à l'état de gaz s'élève:

Dans l'acide carbonique à.	0,6464
Dans l'oxyde de carbone.	0,7455
Gaz des marais produit par distillation.	0,1910
Hydrogène.	0,0173
Total. . . .	1,6002

1000 parties d'air correspondent par conséquent à 142,1 de coke brûlé à l'air chaud.

Dans l'essai n° II, 6831 c.c. d'azote pèsent 8g.,659, et correspondent à 11,231 air atmosphérique, qui ont été consommés par le mélange de $\frac{4}{5}$ de coke et de $\frac{1}{5}$ de charbon de bois. Ils ont donné :

Charbon contenu dans	l'acide carbonique.	0,5813
Id. *Id.*	l'oxyde de carbone.	0,9410
Gaz des marais produit par distillation. . .		0,2046
Total. . . .		1,7269

1000 parties d'air consomment donc 153,7 parties de ce combustible mêlé.

Dans l'essai n° III, 6694 c.c. d'azote pèsent 8g.,4873, et correspondent à 11g.,008 d'air qui ont réduit en gaz :

Charbon contenu dans	l'acide carbonique.	0,5841
Id. *Id.*	l'oxyde de carbone.	0,9869
Gaz des marais obtenu par distillation. . .		0,2534
Total. . .		1,8244

1000 parties d'air consomment donc 165,7 parties de charbon de bois quand le fourneau marche à l'air chaud.

Enfin, dans l'essai n° IV, 6797 c.c. d'azote pèsent 8g.,6179, et correspondent à 11g.,177 d'air qui ont consommé :

Charbon contenu dans	l'acide carbonique. .	0,4056
Id. *Id.*	l'oxyde de carbone. .	1,0439
Gaz des marais obtenu par distillation. . .		0,2737
Hydrogène.		0,0082
Total.		1,7314

1,000 parties d'air ont brûlé 154,9 de charbon de bois, le fourneau marchant à l'air froid.

Si l'on réunit maintenant tous ces résultats, on voit que l'on peut classer de la manière suivante les combustibles, d'après la quantité de ces combustibles qui est brûlée dans un temps donné et dans des circonstances en tout semblables.

Combustible.	Poids du charbon brûlé dans le même temps.
Coke avec l'air chaud.	100
$\frac{1}{5}$ charbon de bois, $\frac{4}{5}$ coke avec l'air chaud.	108
Charbon de bois avec l'air froid. . .	109
Charbon de bois avec l'air chaud. . .	118
Charbon de bois avec l'air chaud dans le haut-fourneau à fer.	147

Il serait facile, d'après ces observations, d'établir une théorie de la marche des fourneaux à cuve; mais cela nous conduirait trop loin dans ce moment.

La quantité de combustible qui se perd avec les gaz qui se dégagent du fourneau se laisse facilement déduire des résultats qui précèdent, en admettant, comme nous l'avons déjà fait, que la perte de combustible entraîné par les gaz, est à la quantité de charbon utilisé, comme la quantité d'oxygène nécessaire pour brûler complétement les gaz du fourneau est à la quantité d'oxygène qui est déjà contenue dans ces gaz.

100 de gaz donnent, pour une combustion complète :

	Coke à l'air chaud.	Coke avec $\frac{1}{5}$ charb. de bois à l'air chaud.	Charbon de bois à l'air chaud	Charbon de bois à l'air froid.
Oxygène. .	13,05	14,21	15,99	17,53

100 de gaz renferment déjà :

Oxygène. .	20,17	20,28	20,55	17,80

On a, d'après cela :

	Charbon utilisé.	Charbon perdu.
Coke à l'air chaud.	60,8 0/0	39,2
Coke avec $\frac{1}{3}$ charbon à l'air chaud.	58,8	41,2
Au charbon de bois à l'air chaud.	56,2	43,8
Au charbon de bois à l'air froid. .	50,4	49,6

Ce tableau nous montre qu'il y a moindre perte de combustible dans les fourneaux à cuve, à gueulard obscur, dans lesquels on fond les schistes cuivreux, que dans les hauts-fourneaux à fer. Cela tient à ce que dans les fourneaux à cuivre, l'acide carbonique qui s'est formé dans les régions inférieures de la cuve se change en plus petite proportion en oxyde de carbone que dans le haut-fourneau à fer, où il a une grande colonne de charbon incandescent à traverser. Dans les fourneaux à cuivre, la température est très-basse dans la cuve; car, d'après nos expériences, la chaleur blanche ne s'élève pas à plus de 5 ou 6 pieds au-dessus de la tuyère. Les gaz des fourneaux à cuivre ne renferment que 10 p. 100 moins d'oxyde de carbone que ceux des hauts-fourneaux. On peut regarder ce fait comme venant à l'appui de l'opinion énoncée dans la première partie de ce mémoire, que l'oxyde de carbone se produit immédiatement dans l'ouvrage du fourneau.

Nous avons vu tout à l'heure qu'une même quantité d'air peut brûler des quantités de charbon très-différentes, suivant qu'il se forme dans la combustion plus d'acide carbonique ou plus d'oxyde de carbone. Si l'oxygène de l'air se change entièrement en acide carbonique, on a pour la plus petite quantité de charbon brûlé, le maximum d'effet dans le fourneau. Le minimum a lieu quand l'oxygène se change seulement en

oxyde de carbone. Il résulte de là : *que la valeur des gaz du fourneau, comme combustibles, est, toutes choses égales d'ailleurs, en rapport inverse de la quantité de combustible brûlée dans le fourneau.*

Ce fait vient expliquer très-simplement plusieurs phénomènes dont on ne s'était pas jusqu'à présent formé une idée nette. On peut citer, comme exemple, l'usage qu'ont les forgerons de mouiller la couche supérieure de charbon de leur feu de forge. Ils obtiennent par ce moyen un avantage qui tient à ce que, en éteignant le charbon qui se trouve immédiatement au-dessus du point de la plus haute température, ils diminuent notablement la quantité d'oxyde de carbone qui se forme principalement en ce point, et l'économie de combustible qui résulte de là l'emporte sur la quantité de chaleur perdue par la vaporisation de l'eau. Il est facile de s'en rendre compte, car la perte de combustible occasionnée par le changement de l'acide carbonique en oxyde de carbone, s'élève à la moitié de la quantité totale du combustible consommé, tandis que pour vaporiser un poids d'eau égal à celui du combustible perdu, on n'a besoin d'en brûler que $\frac{1}{100}$.

Nous allons nous occuper maintenant de la détermination de la chaleur emportée par les gaz qui sortent du fourneau, et nous admettrons pour cela la composition de gaz qui a été trouvée quand le fourneau est alimenté par 4/5 coke et 1/5 de charbon de bois, ce qui est sa marche habituelle. Nous ne pouvons pas ici calculer la quantité de gaz qui s'échappe du fourneau par minute, d'après la quantité d'air lancée dans le fourneau, parce que les souffleries employées dans l'usine

la *Friedrichshütte* sont trop imparfaites pour permettre des mesures dont l'exactitude soit en rapport avec l'exactitude des données analytiques. Il est plus sûr ici de calculer cette quantité en comparant la quantité de combustible brûlé par minute dans le fourneau, à la quantité de carbone contenue dans les gaz. D'après les registres de l'usine, le fourneau consomme par minute $1^{k.},45$ de charbon, qui correspondent à $1^{k.},4$ carbone pur. Cette quantité doit se trouver dans les gaz qui s'échappent dans chaque minute du fourneau. Or, la composition du gaz de l'expérience n° II est la suivante :

Azote.	0,6443		
Acide carbonique.	0,1563	qui renferment carbone.	0,043218
Acide sulfureux. .	0,0231		
Gaz des marais. .	0,0148		0,011155
Oxyde de carbone.	0,1615		0,069964
	1,0000	gaz renferm. donc carbone.	0,1243

Et par suite le poids du gaz qui renferme $1^{k.},4$ de carbone, pèse $11^{k.},26$. Ces gaz possèdent, d'après des mesures faites avec le thermomètre à mercure, à leur sortie du fourneau, une température moyenne de 300°,6. Pour porter à cette température un kilogramme de ces gaz, dont la chaleur spécifique, déterminée d'après l'analyse, est 0,26, il faut $0,26 \times 300 = 78$ unités de chaleur, et par conséquent pour la quantité des gaz qui sort, dans une minute, 878,3 unités de chaleur, qui correspondent à $0^{k.},1245$ de charbon. Cette quantité de charbon est, à la quantité totale brûlée dans le fourneau, comme 0,125 : 1,4.

Ainsi, *dans les fourneaux où l'on fond les*

schistes cuivreux, il se perd, par la formation de l'oxyde de carbone, 41,2 p. o/o de combustible, par la chaleur emportée par les gaz 8,8 p. o/o, en tout 50 *p.* o/o *du combustible consommé.*

Ainsi la perte de combustible, qui est de 3/4 dans les fourneaux à fer, ne s'élève qu'à 1/2 dans les fourneaux où l'on fond les schistes cuivreux.

Si l'on applique les mêmes considérations aux autres mélanges de gaz, on trouve que la perte totale de combustible est de 53 p. o/o quand le fourneau marche au charbon de bois avec l'air chaud, et de 58 p. o/o quand on emploie l'air froid avec le charbon de bois.

3. *De l'emploi des gaz du gueulard.*

Le premier point qu'il faut éclaircir pour l'emploi des gaz du fourneau comme combustible, est leur inflammabilité. Cette propriété dépend de la nature et des proportions des gaz combustibles contenus dans le mélange gazeux, et il est très-important pour la pratique de connaître les circonstances qui influent sur elle. D'après les observations qui ont été faites dans ce but, on a

Origine des gaz.	Matières combustibles contenues en 100ᵉ.
1. Gaz des hauts-fourneaux à fer, alimentés par du charbon de bois et de l'air chaud, brûlant facilement et complétement.	30,5
2. Gaz des fourneaux à cuivre marchant au charbon de bois et à l'air froid, brûlant encore complétement.	23,8
3. Gaz des fourneaux à cuivre au charbon de bois et au vent chaud, ne	

brûlant que difficilement et partiellement. 21,5

4. Gaz des fourneaux à cuivre au coke, avec 1/5 charbon de bois et l'air chaud, ne pouvant plus brûler. . . . 20,0

On peut admettre d'après cela :

Que *lorsque le volume des gaz combustibles descend au-dessous de* 20 *p.* 0/0 *du mélange gazeux, le mélange n'est plus combustible après son refroidissement.*

Il est important de remarquer que ce cas se présente principalement dans les fourneaux à cuivre, quand on remplace l'air froid par l'air chaud ; la quantité de chaleur utilisée dans le fourneau devient plus grande, et la perte par les gaz du gueulard plus faible. Ainsi, quand on veut employer ces gaz pour chauffer le vent, il faut opérer avec de grandes précautions, puisque l'emploi du vent chaud leur fait immédiatement perdre leur inflammabilité. Si l'appareil pour chauffer l'air peut être placé immédiatement sur le gueulard, là où les gaz qui se dégagent possèdent encore toute leur chaleur acquise, on a atteint le but en admettant toutefois que la chaleur possédée par les gaz est assez élevée pour porter l'air à la température nécessaire pour que la combustion soit possible. Quand cette disposition ne peut pas être admise, on est obligé de conduire les gaz dans un fourneau à part, et de les brûler sur une petite quantité de combustible, ou de les rendre inflammables par un autre moyen, comme par exemple en les brûlant avec de l'air chaud. Je ne crois pas qu'il soit possible d'atteindre mieux ce but que cela n'a lieu dans la Friedrichshütte, où l'on utilise la chaleur rayonnante de l'avant-creuset pour chauffer

l'air qui est amené dans un appareil lenticulaire placé immédiatement au-dessus. Je crois que cette chaleur est encore plus efficace ici en portant à la température nécessaire pour les rendre inflammables les gaz du gueulard que l'on amène au-dessous de l'appareil.

Quand on a affaire avec des mélanges gazeux qui sont ainsi sur la limite de l'inflammabilité, il est très-important de régulariser le courant d'air de telle manière qu'il n'apporte exactement que la quantité d'oxygène nécessaire pour la combustion. Car dans le cas contraire, il y a une première perte de chaleur par la quantité de calorique nécessaire pour échauffer l'air en excès qui ne contribue pas à l'effet utile, et que d'un autre côté, la température peut descendre au-dessous du point où le mélange peut brûler. On a rencontré de grandes difficultés dans les premiers mois de l'emploi de l'air chaud à la Friedrichshütte. Ces difficultés étaient précisément dues à la circonstance que nous venons d'indiquer. On les a éludées en établissant un registre dans la cheminée en tôle qui soutire les gaz après leur combustion sous l'appareil à chauffer l'air.

Après ces considérations sur l'inflammabilité des gaz, il reste encore à répondre à cette question qui n'est pas moins importante pour la pratique : quelle température peut-on atteindre avec les gaz du gueulard dans les circonstances les plus favorables ? Nous allons la déterminer par le calcul pour les gaz qui proviennent de la marche ordinaire du fourneau : $\frac{4}{5}$ coke, $\frac{1}{5}$ charbon de bois.

	Composition en poids.	Poids de l'oxygène nécessaire pour la combustion.
Azote.	0,6443	
Acide carbonique. .	0,1563	
» sulfureux. . .	0,0231	
Gaz des marais. . .	0,0148	0,05838
Oxyde de carbone. .	0,1615	0,09128
	1,0000	0,14966

La quantité de chaleur produite par la combustion de 1 kilogr. de ce gaz avec 0,63452 d'air qui renferment précisément la quantité d'oxygène convenable est 403,3 unités calorifiques, qui se partagent sur 1$^{k.}$,63452 de gaz. Si ces gaz avaient la même chaleur spécifique que l'eau, on aurait, pour la température produite, $\frac{403,3}{1,634}$ = 246°,76. Si l'on divise cette température par la chaleur spécifique du mélange gazeux, on a la température de la flamme. Occupons nous d'abord de la détermination de cette chaleur spécifique.

Les gaz produits par la combustion sont composés de :

Azote.	0,7007	auxquels correspond : chaleur spécifique.	0,19157
Acide carbonique.	0,2789		0,06164
Vapeur d'eau. . .	0,0204		0,01728
	1,0000	de mélange, a pour ch. spéc.	0,27050

En partant de ce nombre, on trouve pour la température de la flamme 912,6, et comme les gaz ne sont pas combustibles par eux-mêmes, il faut nécessairement en conclure : *que la température de 912° est inférieure à celle à laquelle le mélange gazeux devient combustible.*

Les gaz du fourneau, lorsque celui-ci marche à l'air chaud avec du charbon de bois, se trouvant précisément à la limite de la combustibilité, puisqu'ils ne brûlent que de temps en temps, et toujours d'une manière incomplète, il est intéressant de déterminer la température que leur combustion peut produire.

	Composition des gaz en poids.	Poids de l'oxygène nécessaire pour la combustion.
Azote.	0,6344	
Acide carbonique.	0,1578	
Acide sulfureux. .	0,0187	
Gaz des marais. .	0,0189	0,07458
Oxyde de carbone.	0,1702	0,09646
	1,0000	0,17104=0,072516 d'air.

	Produits de la combustion en poids.	Chaleur spécifique calculée.
Azote.	0,696	0,1904
Acide carbonique.	0,279	0,0616
Vapeur d'eau. . .	0,025	0,0208
	1,000 Chal. spéc. moyenne.	0,2729

La température de la flamme déduite de là est 979°. Il résulte de là que *la température à laquelle le mélange gazeux en question devient combustible est d'environ* 979°.

Le mélange gazeux qui provient d'un fondage à l'air froid avec du charbon de bois, donne les résultats suivants :

	Composition des gaz en poids.	Poids de l'oxygène nécessaire.
Azote.	0,6580	
Acide carbonique.	0,1120	
Acide sulfureux. .	0,0188	
Gaz des marais. . .	0,0209	0,0824
Oxyde de carbone.	0,1840	0,1043
Hydrogène.	0,0063	0,0504
	1,0000	0,2371 = 1,005 air.

	Produits de la combustion en poids.	Chaleur spécifique calculée.
Azote.	0,7184	0,1964
Acide carbonique.	0,2302	0,0509
Vapeur d'eau. . .	0,0514	0,0436
	1,0000	0,2908

Si l'on calcule la température de la flamme avec ces données, on trouve :

Que les gaz du gueulard, quand le fourneau est chauffé au charbon de bois et alimenté par du vent froid, peuvent, par leur combustion, donner une température de 1097°, et s'approchent par conséquent davantage de la nature des gaz qui se dégagent des hauts-fourneaux à fer.

Nous remarquerons ici que de toutes les causes qui influent sur l'effet produit par le combustible dans le fourneau, la production de l'oxyde de carbone est certainement la plus importante. Une étude sous ce point de vue, de la meilleure construction à donner aux fourneaux à cuve, présenterait par conséquent le plus grand intérêt. Comme l'oxyde de carbone se forme dans la colonne de combustible renfermé dans la cuve proprement dite, et principalement dans les cou-

ches de combustible incandescent qui se trouvent immédiatement au-dessus des parties qui brûlent par l'oxygène de l'air, on conçoit tout de suite qu'on évitera la formation de ce gaz en empêchant les produits de la combustion immédiate de se dégager par la cuve, en les forçant de se rendre dans un canal pratiqué dans le massif du fourneau sur le côté opposé à la tuyère, et surmonté d'une cheminée d'appel.

D'après ce principe, il serait possible, en ayant égard à la largeur du fourneau, d'obtenir, pour une quantité de vent donnée, une combustion tout à fait complète, et par conséquent d'utiliser dans le fourneau même les 40 o/o de charbon, qui jusqu'ici sont perdus. Il est inutile de dire que cette modification de construction manquerait complétement son but dans les fourneaux où l'on a pour but, non-seulement de produire une fusion, mais encore une réduction. Dans les fourneaux où l'on fond les schistes cuivreux, où l'on doit éviter de réduire l'oxyde de fer, où, à cause de cela, on maintient la cuve aussi froide que possible, et en général dans tous les fourneaux, où l'on a seulement pour but de produire une fusion, on peut s'attendre à rencontrer de grands avantages dans cette nouvelle disposition, en admettant toutefois qu'elle ne vienne pas apporter quelque inconvénient imprévu.

Enfin, si ayant égard aux considérations qui précèdent, nous établissons une comparaison entre les gaz qui se dégagent des fourneaux à cuve à gueulard obscur, et ceux qui viennent des hauts-fourneaux à fer, nous nous persuaderons bientôt que les premiers sont loin de se prêter à des usages aussi nombreux que les derniers, à

cause de leur difficile combustibilité, ce qui notamment les rend complétement impropres à produire la fusion des matières très-réfractaires. Néanmoins, comme ces gaz emportent encore environ la moitié du combustible, et que cette moitié peut être utilisée dans certaines circonstances, on conçoit que leur emploi peut produire des avantages notables, principalement dans les usines où l'on opère l'extraction de l'argent ou toute autre opération métallurgique qui emploie des fourneaux à réverbère ou à grillage; dans des fourneaux de cette espèce il serait facile d'amener, au moyen de tuyaux à une distance aussi grande que l'on voudrait, le mélange gazeux avec la quantité d'air exactement nécessaire pour en opérer la combustion.

Au reste, ces considérations s'éloignent trop du but que je me suis proposé dans ce travail, et mes connaissances en métallurgie pratique sont trop bornées pour que je m'y arrête plus longtemps. La première partie de ce travail, qui a déjà paru dans les *Annales de Poggendorf*, a déterminé la direction supérieure des mines de Saxe à faire entreprendre des recherches analogues et dirigées d'après le même esprit dans les usines de Freiberg. Ces recherches peuvent d'autant moins manquer de donner des résultats importants que c'est M. le professeur Kersten qui en a reçu la direction.

ERRATUM ET NOTE ADDITIONNELLE

Au mémoire sur l'*aérage des mines*, par M. Combes, imprimé dans le tome XV.

Deux erreurs numériques se sont glissées dans l'évaluation de la hauteur *motrice*, absorbée par les frottements de l'air, dans les canaux mobiles formés par les ailes du ventilateur aspirant (pages 229 et 230 du tome XV des *Annales des mines*). A la page 229, lignes 8 et 9 en descendant, on a écrit : « La vitesse varie depuis 30 mètres jusqu'à » $53^m,53$. Sa valeur moyenne est $41^m,765$. » On doit substituer : *la vitesse varie depuis* $53^m,08$, *jusqu'à* $53^m,53$. *La vitesse moyenne est* $53^m,30$. L'erreur vient de ce que l'on a pris, par inadvertance, la vitesse absolue de l'air, qui est de 30 mètres par seconde, au lieu de la vitesse relative, à l'entrée des canaux mobiles du ventilateur, vitesse qui est de $53^m,08$, ainsi que cela est dit à la page 224.

A la page 230, ligne 13 en descendant, on a omis dans l'expression numérique de la hauteur absorbée par les frottements, le facteur 2,14, qui exprime la longueur développée de l'une des ailes du ventilateur, désignée par L, à la page 229. Il en est résulté un nombre plus de moitié trop petit, pour l'expression de cette hauteur. Ainsi, au lieu de :

$$\frac{0,003 \times 39,765 \times (53,38)^2}{9,8088} = 34^m,85,$$

Il faut :

$$\frac{0,003 \times 39,765 \times 2,14 \times (53,30)^2}{9,8088} = 73^m,94.$$

La hauteur absorbée par les frottements, dans le cas où les douze ailes du ventilateur seraient entières, serait donc approximativement de $73^m,94$.

Il est sans doute possible de réduire de moitié cette hauteur perdue, en supprimant, ainsi que nous l'avons fait, les parties intermédiaires de huit ailes, pour ne laisser subsister que leurs extrémités. Peut-être même suffirait-il de deux ailes entières, pour produire le mouvement de toute la masse d'air engagée dans la machine. Si l'on admet que la hauteur absorbée par les frottements soit ainsi réduite à 37 mètres, au lieu de $73^m,94$, il résulte des équations générales du mouvement du ventilateur, que la vitesse angulaire nécessaire, pour obtenir le débit de 8 mètres cubes d'air par seconde, devrait être, eu égard aux frottements, de $70^m,1$, au lieu de $64^m,49$ (page 223), valeur correspondante à l'hypothèse où l'on néglige l'influence du frottement de l'air dans les canaux mobiles, c'est-à-dire que le ventilateur devrait faire 670 tours par minute, au lieu de 616. En même temps, la vitesse absolue de l'air rejeté dans l'atmosphère ne serait pas nulle, mais à peu près égale à :

$$wr_1 - u_1 = 70,1 \times 0,83 - 53,53 = 4^m,653.$$

Cette vitesse correspond à une hauteur *motrice* de $1^m,10$ seulement. La vitesse perdue à l'entrée de l'air dans le ventilateur serait seulement de $2^m,26$, à quoi correspond une hauteur motrice de $0^m,26$.

Quant au frottement des deux disques du ventilateur contre l'air extérieur, il donne lieu à une résistance, qui ne dépasserait pas 134 kilogrammes

élevés à un mètre par seconde, si on l'évalue sur les mêmes principes, et en adoptant le même coefficient, que pour les frottements de l'air dans les tuyaux de conduite. Ce serait à peu près les $\frac{22}{100}$ du travail utile de la machine, il y a quelques raisons de croire que l'évaluation de cette dernière résistance est en dessus de la réalité. Les résistances passives provenant des frottements de l'air extrait, qui circule dans les canaux mobiles du ventilateur, et du frottement des disques contre l'air extérieur, sont évidemment les seules dont l'importance soit considérable (le frottement des parties solides de la machine ne peut être que très-faible); l'ensemble de ces résistances, évaluées ainsi que nous venons de le faire, est égal aux $\frac{82}{100}$ du travail utile, ainsi il est probable que la conséquence énoncée à la fin du § 35 du mémoire subsiste, c'est-à-dire que le travail moteur nécessaire pour mettre le ventilateur en mouvement, n'atteindrait pas le double du travail utile, et demeurerait inférieur à 15 ou 16 chevaux de force.



OUVRAGES

Récemment publiés, relatifs à l'art des mines et des usines, et aux sciences qui s'y rapportent.

FRANCE.

JUILLET — AOUT 1839.

MELLET. Description de la machine locomotive de MM. Rob. Stephenson et comp., de Newcastle-sur-Tyne; ouvrage formant le complément du Traité des machines à vapeur de Tredgold. Paris. . . . . 10 fr.

H. BRACHET. Chemin de fer de Paris à Lyon, par la Bourgogne; embranchement de Bourg à Mâcon, par la vallée de la Veyle. In-8° de 1 feuille 3/4. Bourg.

SALMON. Mémoire sur la fabrication du coke, l'extraction du produit de la houille et l'agglutination de la houille menue. In-8° de 3 feuilles. Lyon.

Canal maritime d'Arles au port de Bouc. Canal latéral du Rhône entre Arles et Tarascon. Docks de Marseille et d'Arles. In-8° de 3 feuilles 1/4, plus 2 plans. Paris.

Chemin de fer de Paris à la mer. Rapport du conseil d'administration. In-8° de 6 feuilles 1/2, plus un tableau. Paris.

COTELLE. Cours de droit administratif. Tome II. Paris, Carilian-Gœury.

Mémoire sur un projet de chemin de fer de Marseille à l'embouchure du Rhône. In-8° de 2 feuilles, plus un plan. Paris.

MÉMOIRE

Sur l'emploi de l'air chaud, pour le traitement du fer dans les usines royales de la Haute-Silésie ;

Par M. LE CHATELIER, Élève-Ingénieur des mines.

(SUITE) (1).

CHAPITRE IV.

DES FEUX D'AFFINERIE.

L'introduction de l'air chaud dans les feux d'affinerie n'a pas eu un succès aussi général que dans les hauts-fourneaux ; aussi, ce procédé n'est-il encore, dans beaucoup d'endroits, qu'à l'état d'essai.

En Silésie, les premiers essais pour l'emploi de l'air chaud ont été entrepris à Kreutzburg. Les résultats obtenus dans cette usine ont été consignés par M. Wachler dans les *Archives de Karsten*, auxquelles je les emprunte pour les rapporter ici.

Usine de Kreutzburg.

On a employé, pour chauffer l'air, un système de tuyaux recourbés plusieurs fois au-dessus du foyer, sous la hotte qui le recouvre ; l'air, après avoir circulé dans ces tuyaux, se rend dans une caisse en fonte engagée dans la paroi de la tuyère, en surplomb sur le feu, et achève de s'échauffer en la traversant.

La température, comme cela résulte d'observations souvent répétées, s'élevait, pendant les différentes périodes de l'opération à :

205°	pendant	le forgeage.
168°	»	le soulèvement (*Rohfrischen*).
172°	»	l'avalement (*Gaarfrischen*).
184°	»	l'attachement.

(1) Voir la première partie du mémoire, p. 85.

L'introduction du nouveau procédé a rendu l'opération plus longue; la fonte est restée plus liquide dans le creuset, l'allure a été plus crue (*Rohgang*) (1). Pour faire prendre plus rapidement nature à la fonte, on a cessé d'employer l'air chaud pour le commencement de l'affinage proprement dit, c'est-à-dire, pendant la période de l'opération où l'on soulève plusieurs fois la loupe avant de l'*avaler*. Par l'emploi de l'air chaud, la qualité du fer n'a pas subi d'altération. La fonte est fabriquée au charbon de bois.

En 1835 à l'air froid :

Pour.	532 quintaux 52 livres de fer en barres,
On a consommé	741 quintaux 5 livres de fonte,
» »	145 korbes de charbon à 64 pieds cubes la korbe.

Le rendement de la fonte a été de 71,8 p. 0/0 de fer en barres.

Pour 100 livres de fer en barres, on a consommé 15p.c.,7.

En 1836 à l'air chaud :

Pour.	534 quintaux 42 livres de fer en barres,
On a consommé	718 quintaux 105 livres de fonte,
» »	131 korbes de charbon.

Par suite, le rendement de la fonte a été de 74,3 p. 0/0.

Pour 100 livres de fer on a consommé 14p.c.,2.

La différence, en faveur de l'air chaud, est de 2,5 p. 0/0 de fonte, et 1p.c.,5 de charbon par 100 livres de fer.

---

(1) Les mots *Rohgang*, *Gaargang* sont intraduisibles en français ; ils ont une signification à peu près opposée dans le travail du haut-fourneau et dans celui des feux d'affinerie. Dans ce dernier cas, on dit que l'allure est *roh*, lorsque la fonte est très-chaude et reste très-longtemps liquide dans le creuset ; elle est dite *gaar*, au contraire, quand elle ne reste pas liquide et prend rapidement nature.

Cette usine a 4 feux d'affinerie marchant à l'air chaud; deux sont ordinairement en activité. On emploie à peu près exclusivement la fonte au coke de Kœnigshütte; quelquefois on ajoute de la fonte au bois dans la proportion de $\frac{1}{4}$. La méthode d'affinage employée en Silésie est celle que M. Karsten a décrite sous le nom d'affinage à l'allemande, dans son *Manuel de la métallurgie du fer*. La fonte est en gueuses que l'on place au-dessus du contrevent; elle se liquéfie pendant le forgeage qui se fait dans le même feu. Lorsque le forgeage est terminé, la première partie de l'affinage proprement dit (*Rohfrischen*) commence; l'ouvrier soulève la loupe par morceaux, *une*, *deux* ou *trois* fois, suivant qu'elle prend plus ou moins rapidement nature. Enfin, pour achever l'affinage, il procède à l'avalement (*Gaarfrischen* ou *Gaaraufbrechen*); il soulève ou avale une dernière fois la loupe; elle fond de nouveau, et pendant qu'elle achève de redescendre, en se liquéfiant et en creusant son lit dans les charbons, on enlève du fer par *attachement*. Usine de Malapane. Méthode d'affinage.

La fonte que l'on emploie à Malapane donne en général une allure très-crue (*roh*), à l'air froid il faut *soulever* au moins 2 fois avant d'*avaler*. Par suite, l'opération dure très-longtemps, la production par semaine est très-faible et ne s'élève qu'à 40 ou 50 quintaux. L'emploi de l'air chaud, soit pour le traitement des hauts-fourneaux soit pour l'affinage, n'a fait qu'augmenter cette disposition. Les affineurs emploient cette pratique vicieuse, que M. Karsten signale, et qui consiste à refroidir artificiellement le creuset, pour solidifier la fonte et la soulever en une seule masse : pour cela ils enlèvent tous les charbons et dirigent le vent sur la

surface du bain de scories; ils vont même jusqu'à remplir le creuset d'eau froide.

Montage du feu. La manière de monter le feu a une très-grande influence sur le succès de l'opération; mais il est impossible, même pour une usine en particulier, de donner pour cela des règles invariables.

A Malapane, le montage du feu que l'expérience avait fait reconnaître comme le plus convenable pour l'air froid, a été conservé à l'air chaud dans ses dimensions principales; on est arrivé à ce résultat après plusieurs tâtonnements.

	Pouc.
Profondeur du creuset.	9 $\frac{1}{2}$ à 10
Distance de la warme au contrevent. . . .	30
» de l'avant-creuset (1) à la rustine.	31

La warme est verticale ou légèrement déversée en dehors du creuset, lorsque la fonte a une tendance déterminée à produire du fer cassant à froid. Le fond est horizontal, quelquefois aussi il a une légère pente vers la warme et la rustine.

	Pouc.
La distance de la rustine au centre de la tuyère est de.	9
La tuyère est en saillie de.	1 $\frac{1}{3}$ à 1 $\frac{1}{2}$ au plus.
Elle plonge de.	$\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{4}$
L'œil a. . . . . hauteur.	1 $\frac{1}{8}$
» . . . . largeur..	1 $\frac{1}{2}$

On avait cru que l'introduction de l'air chaud devait introduire dans le montage du feu les modifications employées le plus ordinairement pour rendre l'affinage plus rapide; mais l'expérience a appris qu'il en était autrement. Contrairement aux résultats obtenus dans d'autres localités, on a re-

(1) Le creuset n'est pas fermé sur le devant par une taque en fonte; il reste un espace qui est rempli de menu charbon.

connu qu'on ne combattait pas l'allure crue en rendant le feu plus plat; la fonte se liquéfiait plus rapidement et ne prenait pas plus rapidement nature. Les plaques de fonte qui circonscrivent le creuset sont moins rapidement détruites à l'air chaud qu'à l'air froid, la différence est assez grande pour qu'il en résulte une économie notable.

Distribution du vent

A Malapane et dans les autres usines de la Silésie, on se servait de tuyères et de buses demi-circulaires; en introduisant l'air chaud on a changé la forme des buses, on leur a donné un orifice circulaire.

L'emploi de l'air chaud eut pour résultat immédiat de rendre l'allure plus crue; on essaya d'abord de retirer la buse en arrière dans la tuyère, mais ce moyen fut insuffisant, et l'on reconnut que ce qu'il y avait de mieux était d'augmenter les dimensions des buses et des tuyères; on reconnut que les dimensions les plus convenables pour les buses étaient 1 pouce $\frac{1}{2}$ à 1 pouce $\frac{5}{8}$ de diamètre, et pour les tuyères 1 pouce $\frac{1}{8}$ de haut sur 1 pouce $\frac{5}{8}$ de large. On parvint ainsi à rendre l'allure moins crue, les scories plus douces, sans nuire en rien à la qualité du fer en barre. Il fallait élargir les buses et les tuyères pour mieux disperser le vent et combattre la tendance de l'air chaud, à concentrer la chaleur dans un même point. On dut réduire le plongement de la tuyère à $\frac{1}{8}$ de pouce au plus, parce qu'une plus grande inclinaison donnait des loupes incomplétement affinées par dessous. En observant la marche du feu d'affinerie à l'air chaud, et la comparant avec ce qui se passait à l'air froid, on remarque très-bien que l'action de l'air chaud se concentre devant la tuyère, la fonte fond très-rapidement sous l'action du vent, et c'est pour cela

qu'il convient d'élargir les buses et de diminuer l'inclinaison de la tuyère.

Appareil à chauffer l'air.

L'appareil à chauffer l'air se compose, comme à Kreutzburg, de tuyaux en fonte recourbés plusieurs fois au-dessus du feu. L'air, après avoir circulé dans les tuyaux, vient se rendre dans une caisse en fonte en surplomb sur le foyer, où il reçoit le dernier degré de chaleur. Une combinaison de soupapes permet de souffler alternativement au vent froid et au vent chaud. La buse est réunie au porte-vent par un assemblage à genou, semblable à celui des buses de haut-fourneau; elle peut se mouvoir facilement dans la tuyère. Il n'y a qu'une buse; l'air est fourni par une machine soufflante à cylindre. La température moyenne donnée par cet appareil, est de 130° à 150°; elle varie du reste suivant l'époque du travail, la quantité plus ou moins grande de vent, etc.; elle dépasse rarement 160° R. Plusieurs observations ont donné les résultats suivants :

Pendant	le forgeage.	152° R.
»	le soulèvement (*Rohfrischen*). . .	145°
»	l'avalement (*Gaarfrischen*). . . .	125°
»	l'attachement.	122°

La température diminue avec la quantité de vent.

De la conduite de l'opération.

Lorsque l'action du vent chaud a été bien appréciée, on a reconnu qu'il n'y avait pas de modification essentielle à apporter au procédé; on a seulement été obligé de répéter une fois de plus le soulèvement qui précède l'avalement de la loupe. Les affineurs avaient cru d'abord qu'il était nécessaire d'employer l'air froid pour la première partie de l'opération (*Rohfrischen*); mais l'air chaud, quoique maintenant la fonte plus liquide dans le creuset, a l'avantage de la faire refondre plus vite, et

il est presqu'aussi vite fait de soulever trois fois la loupe à l'air chaud, que deux fois à l'air froid. Pour cette raison, on a continué d'employer l'air chaud pendant toute l'opération. Le forgeage est accéléré, et les lopins, s'échauffant plus fortement, se travaillent mieux sous le marteau.

Les scories produites pendant le forgeage sont plus liquides et plus crues (pauvres), et en quantité moindre qu'à l'air froid; il ne s'en produit que peu ou point pendant la dernière partie de l'affinage. Dans les premiers temps, l'élévation de température produite par l'air chaud déterminait pendant l'avalement une refonte trop rapide de la loupe; la fonte qui devait achever de se débarrasser des dernières traces de charbon échappait trop vite à l'action du vent; elle donnait, il est vrai, plus de fer par attachement, mais il était nécessaire d'ajouter une trop grande quantité de matières oxydantes (battitures), pour achever l'opération; on a remédié à cet inconvénient en donnant moins de charbon et moins de vent qu'on n'en donnait autrefois à l'air froid. C'était un moyen de maintenir plus longtemps le fer sous l'action du courant d'air et d'obtenir un résultat plus uniforme.

Effets de l'air chaud.

L'emploi de l'air chaud produit une économie de charbon, car le feu se porte moins à la surface, et la température s'élève moins devant la tuyère. En même temps il y a un moindre déchet; l'air plus complétement désoxygéné devant la tuyère, scorifie moins le fer, et laisse une plus grande part aux scories riches dans l'action décarburante. Mais on ne gagne pas de temps; la durée d'un poste pour la même quantité de fonte est plutôt augmentée que diminuée : ce désavantage est compensé par l'économie des matières premières et par l'amélio-

ration de la qualité du fer; la loupe, plus chaude, abandonne mieux sous le marteau les scories plus liquides; le fer se soude mieux et est plus doux. Les épreuves auxquelles on soumet toujours le fer avant de le livrer à la circulation ont toujours donné les meilleurs résultats; son emploi dans les fabriques de machines a fait voir qu'il avait toutes les qualités requises pour cet usage.

On avait cru, dans l'origine, pouvoir combattre l'allure crue par l'addition de réactifs oxydants, mais ils étaient en quantité insuffisante et n'ont pas même produit tout l'effet qu'on en attendait.

Résultats numériques.

Les résultats suivants, obtenus pendant les campagnes de 1835 et 1836, confirment ce qui a été dit plus haut sur l'économie de combustible et de métal obtenue par l'emploi de l'air chaud.

Pendant 7 semaines à l'air chaud, on a produit 313 quintaux 107 livres de fer en barres. Soit 45 quintaux par semaine.

On a consommé 395 quintaux 100 livres de fonte, dont 85 quintaux 5 livres au charbon de bois, et 90 korbes (à 64 pieds cubes) de charbon (charbon de pin rouge, à 5 quintaux 81 livres la korbe).

La fonte a rendu 79,3 p. 0/0 de fer en barres. On a consommé, pour 100 livres de fonte, 16p.c.,7 de charbon.

En 1835, le rendement moyen dans tous les feux d'affinerie a été de 74,05 p. 0/0, et la consommation de 19p.c.,39 par 100 livres de fonte.

L'économie de charbon a été de 2p.c.,69.

Soit 13,8 p. 0/0,

Le déchet a été diminué de 5,25 p. 0/0 du poids de la fonte, ou 25 p. 0/0 du déchet primitif.

Usine de Rybnick.

Les établissements royaux qui se trouvent près de la petite ville de Rybnick sont au nombre de 4, situés sur une petite rivière qui leur fournit la force motrice. Ils se composent de deux usines d'affinerie, comptant chacune 4 feux en activité, d'un laminoir pour l'étirage du fer, qui n'est façonné qu'en

lopins (*Kolben*) dans les feux d'affinerie, et enfin d'un laminoir à zinc et d'une petite forge à l'anglaise, où l'administration supérieure des mines a fait faire des essais de puddlage avant d'arrêter la construction de grandes forges à l'anglaise.

Introduction de l'air chaud.

L'air chaud n'était encore employé, en décembre 1838, que dans la seule usine dite Karstenhütte depuis le mois d'avril 1838; il n'était encore qu'en essai; on devait monter des appareils dans les autres feux en y introduisant les perfectionnements reconnus nécessaires. On affine de la fonte au coke de Kœnigshütte et de la fonte au bois et à l'air froid, achetée à des usines particulières ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ de fonte au bois et $\frac{3}{4}$ à $\frac{2}{3}$ de fonte au coke). La méthode d'affinage est la même qu'à Malapane, seulement la quantité de fonte affinée dans une opération est de 5 quintaux au lieu de 3 quintaux; on ajoute pendant l'opération des rognures de tôle. On emploie des charbons de pinastre et de pin rouge en proportion variable; on emploie aussi du charbon de souche. On forge le fer affiné en grosses barres ou lopins qui sont envoyés à l'usine de Paruschowitz pour être étirés. On ne fabrique immédiatement qu'une très-pétite quantité de fer en barres.

Montage du feu.

Les dimensions du creuset sont les suivantes :

Profondeur du creuset. . . . . 10 p°. $\frac{1}{2}$
Distance de la warme au contrevent. 27 p°. $\frac{1}{2}$ (à la sole).
» de l'avant-creuset à la rustine. . . . . 24 p°.
» du centre de la tuyère à la rustine. . . . . 17 p°. $\frac{3}{4}$
La tuyère est en saillie de 3 p°. $\frac{1}{4}$, elle plonge de. . . . . $\frac{1}{4}$ p°.
La warme est verticale, le contrevent est déversé en dehors de. . . . . 2 p°. $\frac{1}{2}$

Le diamètre des buses est.	1 p°. $\frac{1}{3}$
La hauteur de la tuyère.	1 p°. $\frac{1}{2}$
La largeur.	2 p°.

Appareil à chauffer l'air.

L'appareil à chauffer l'air est construit sur le même principe qu'à Malapane; seulement il est plus rapproché du foyer et donne une température plus élevée. A la fin de l'opération la température s'élève de 196° à 227° R. Cette température est trop élevée, du moins pour certaines parties de l'opération. On construit les nouveaux appareils, qui seront adaptés successivement aux autres feux d'affinerie, de manière à pouvoir lancer un mélange d'air chaud et froid, et régler ainsi la température pendant les différentes parties de l'opération.

Des effets de l'air chaud.

Depuis la substitution du vent chaud au vent froid, l'allure du feu d'affinerie est beaucoup plus crue et la durée de l'opération pour 5 quintaux a été portée de 8 $\frac{1}{2}$ ou 9 heures à 9 ou 10 heures. Lorsqu'on affine seule de la fonte à l'air chaud de Kœnigshütte, l'allure est tellement crue que l'opération dure jusqu'à 11 et 12 heures; on la mélange avec de la fonte au charbon de bois. Pour combattre cette tendance à l'allure crue, on est obligé de n'employer l'air chaud que pour le forgeage et la fusion de la fonte, et pour l'avalement; on souffle à l'air froid pendant l'opération du soulèvement. On n'a pas pu encore, comme à Malapane, employer l'air chaud pendant l'opération du soulèvement. Cela tient probablement à la haute température de l'air qui, pendant cette opération, monte jusqu'à 160° R. On a porté les dimensions des buses de 1 pouce $\frac{1}{4}$ à 1 pouce $\frac{1}{2}$ de diamètre; la pression est très-variable dans chaque partie de l'opération; on admet que la quantité d'air lancée par 1′ est

de 200 pieds cubes pendant le forgeage et de 400 pieds cubes pendant l'avalement.

On a observé à Rybnick, comme à Malapane, qu'il y avait économie de charbon et de fonte, mais en même temps perte très-grande de temps. Quant à la nature des produits on a trouvé qu'il y avait détérioration de la qualité du fer en barres; celles-ci résistent en moins grand nombre à l'épreuve; cela tient peut-être à la haute température que produit l'appareil, et surtout à l'inexpérience des ouvriers qui, après 7 ou 8 mois de pratique seulement, n'avaient peut-être pas encore trouvé la manière la plus convenable de diriger le travail, et n'arrivaient pas encore à obtenir une loupe complétement et uniformément affinée. Il paraît que la fonte de Kœnigshütte, fabriquée avec l'air chaud à 80° R. et affinée à l'air froid, présente encore de l'infériorité par rapport à la fonte à l'air froid; toutefois cette différence est faible, surtout depuis qu'on la mélange avec $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ de fonte au bois.

Le tableau suivant présente, pour deux foyers, les résultats de l'emploi de l'air chaud depuis le commencement des essais jusqu'au 15 décembre 1838, et ceux de l'air froid depuis le 1er janvier jusqu'au mois d'avril, époque à laquelle on a placé l'appareil, et pour les deux autres foyers, les résultats de l'année entière. Les résultats de 1837 ne peuvent pas servir de terme de comparaison; parce que les charbons employés pendant cette année-là ont été très-mauvais, tandis qu'ils ont été bons en 1838. En outre, il y a eu, pendant cette époque une modification dans le forgeage, d'où il est résulté une amélioration du procédé. Néanmoins la comparaison de ces résultats ne comporte pas toute l'exactitude

Résultats numériques.

qu'on pourrait en attendre, parce que les ouvriers doivent reforger, pendant le courant du travail, les lopins mal forgés du mois précédent, et quelquefois ces lopins ne sont reforgés que lorsqu'il y en a une grande quantité accumulée.

Le tableau ci-contre met en évidence les résultats annoncés. Pour les feux d'affinerie 3 et 4, la consommation de charbon a été diminuée de 20,4 p. o/o et 20,2 p. o/o, et le déchet de 22,8 p. o/o, 28,2 p. o/o du déchet primitif.

Ces nombres doivent être pris comme une limite supérieure; ils sont trop considérables, parce que, au commencement de l'année, il y avait une grande quantité de lopins à reforger, et l'augmentation de consommation de combustible et probablement de métal, qui résulte de ce forgeage, a porté sur l'espace de temps peu considérable qui s'est écoulé depuis le 1er janvier jusqu'au 1er avril. Pour les foyers 1 et 2 la quantité de lopins à reforger est restée à peu près constante et égale en moyenne à celle des fourneaux 3 et 4 pendant la dernière période. En comparant ensemble les nos 2 et 4, dont le travail est exécuté par des maîtres affineurs, et ensuite les nos 1 et 3, où travaillent les apprentis, sous l'inspection des maîtres, on trouvera en faveur de l'air chaud :

	Pour le n° 4	n° 3
Économie de combustible	8,3 p. 0/0. . .	7,0 p. 0/0
Diminution de déchet	17,2 p. 0/0.	11,8 p. 0/0

Ces nombres s'approchent plus de la vérité que les précédents; mais ils restent probablement en dessous.

Les résultats de la 3e et de la 5e colonne semblent prouver qu'il est mauvais de faire reforger les lopins

CONSOMMATIONS et produits.		FOYER N° I. Apprentis.	FOYER N° II. Maître affin.	FOYER N° III. Apprentis.		FOYER N° IV. Maître affineur.	
		Air froid. 1er janv. - 15 déc.	Air froid. 1er janv. - 15 déc.	Air froid. 1er janv.-1er avr.	Air chaud. 1er avril - 15 déc.	Air froid. 1er janv.-1er avr.	Air chaud. 1er avril - 15 déc.
On a consommé en tout :	Fonte brute.	quintaux. 2.960,00	quintaux. 3.093,00	quintaux. 546,60	quintaux. 2.019,50	quintaux. 589,50	quintaux. 2.227,25
	Rognures de tôle.	74,33	15,00	8,50	28,37	27,00	67,73
	Mesures de charbon (à 64 pieds cubes).	543,25	352,50	117,00	357,00	120,50	392,75
Produit total.	Lopins.	2.219,75	2.272,25	403,00	61,30	438,00	1.800,50
	Fer en barres.	94,25	145,00	1 1/1	5 4/4	20,75	71,50
Consomm. pour 100 qx.	Fonte et rognures de tôle.	131,10	128,50	137,20	126,50	134,30	122,50
	Charbon.	mesures. 23,40	mesures. 22,80	mesures. 28,90	mesures. 22,00	mesures. 26,20	mesures. 20,90
Déchet pour 100 de fonte et rognures.		23,70 p. 0/0	22,10	27,10	20,90	25,50	18,30

pendant l'opération même de l'affinage; on augmente très-notablement le déchet sur la fonte; il y aurait peut-être avantage à les faire reforger à part dans un foyer spécial, ou dans le même foyer, mais dans une opération à part.

CHAPITRE V.

DES FEUX DE FORGE.

L'air chaud a été également employé en Silésie pour le forgeage du petit fer et de la verge crénelée; les résultats ont été avantageux sous le rapport de la consommation de combustible; on conçoit en effet que pour une opération où il s'agit seulement d'élever les barres de fer à une très-haute température, et cela le plus rapidement possible, la concentration de la chaleur que produit l'air chaud doit donner des résultats favorables.

Je n'ai vu aucune des forges dans lesquelles s'exécute cette opération; j'emprunte les résultats qui suivent à l'un des mémoires de M. Wachler (*Archives de Karsten*). Ils se rapportent à la fabrication de la verge crénelée à Kreutzburg.

L'appareil à chauffer l'air se compose d'une caisse engagée dans la paroi de la tuyère; la température de l'air s'élève jusqu'à 160° R. et 170° R.

Pendant 3 mois, à l'*air froid*, on a fabriqué :

Verge crénelée. . . . . 100 quint. 14 livr.

On a consommé :

Fer en barres. . . . . 113 » 25 »
Charbon. . . . . 6 korbes (64 p.c.)

A l'*air chaud* dans une autre période, on a fabriqué :

Verge crénelée. . . . . 251 quintaux.

On a consommé :

Fer en barres.	262 quint. 92 livr.
Charbon.	13 korbes ½

On a donc consommé, pour 100 livres de verges crénelée :

	A l'air froid.	A l'air chaud.	Différence.
Fer.	113$^{liv.}$,8	104$^{liv.}$,7	9$^{liv.}$,1
Charbon.	3$^{p.c.}$,48	3$^{p.c.}$,12	0,36

On a économisé ;

Fer.	8 p. 0/0
Charbon.	10 p. 0/0

Le déchet a été diminué de 65 p. 0/0 du déchet primitif.

On emploie l'air chaud dans plusieurs forges de serrurerie de Gleiwitz; les résultats numériques ne m'ont pas été communiqués; on m'a seulement assuré qu'il n'y avait pas économie de charbon, que le seul avantage était une plus haute température ; le fer se soude mieux, mais il doit être surveillé attentivement, parce qu'il peut se brûler très-facilement.

CHAPITRE VI.

RÉSUMÉ DES EFFETS ET THÉORIE DE L'AIR CHAUD.

Les effets observés en Silésie et résultant de la substitution de l'air chaud à l'air froid peuvent se résumer ainsi :

1° Dans les hauts-fourneaux :

Élévation de température dans les parties inférieures du fourneau, et par suite, fluidité plus grande des laitiers et de la fonte, tuyères brillantes et se conservant mieux, travail plus facile (la fonte n'est pas sensiblement plus grise à l'air chaud qu'à l'air froid);

Abaissement de température au gueulard, diminution de la flamme, dépôt de cadmies en plus

grande abondance et à une profondeur plus grande, croissant avec la température de l'air chauffé. Réduction et volatilisation de ces cadmies par la substitution de l'air froid à l'air chaud;

Allure plus régulière du fourneau;

Altération très-sensible de la qualité de la fonte au delà d'une certaine température, de 180° à 200° R. pour les hauts-fourneaux au bois, et de 80° à 100° R. pour les hauts-fourneaux au coke;

Économie de combustible et de castine;

Augmentation de la production journalière.

2° Dans les cubilots:

Fonte plus liquide, grise et facile à mouler;

Température et dégradation de la cuve moindres au gueulard et plus grandes aux tuyères;

Économie de combustible, diminution du déchet.

Augmentation de la production journalière quand la masse d'air lancée par 1′ n'est pas trop réduite.

3° Dans les feux d'affinerie :

Augmentation et concentration de la chaleur devant la tuyère;

Scories plus liquides et plus pauvres, en moins grande quantité;

Allure plus crue; durée plus grande de l'opération;

Conservation des taques et des tuyères en cuivre;

Économie de combustible;

Diminution de déchet.

Tous les faits consignés dans ce mémoire prouvent à l'évidence la concentration de la chaleur près des tuyères, lorsqu'on échauffe l'air, concentration qui est d'autant plus grande que la température est plus élevée, comme on peut en juger par le mouvement des cadmies dans la cuve des hauts-fourneaux.

Cette concentration de la chaleur est due, comme l'a expliqué M. Berthier, à l'augmentation de l'énergie chimique de l'air chauffé, qui se trouve plus rapidement dépouillé de son oxygène que l'air froid, au moment de son injection dans le fourneau. En supposant, dans l'unité de temps, des masses d'air chaud et d'air froid égales, l'air chaud, par suite de cette augmentation d'affinité, devra brûler plus de charbon dans un espace déterminé, dans l'ouvrage par exemple; l'élévation de température dépendant, non pas de la masse totale de combustible brûlée dans la capacité entière du fourneau, mais seulement de la quantité de combustible brûlée dans l'unité de volume, il est évident que la température devra être plus élevée, dans le voisinage des tuyères, à l'air chaud qu'à l'air froid. Or, dans le haut-fourneau, il y a deux conditions à remplir :

1° La réduction de l'oxyde de fer, qui n'exige pas une température très-élevée, mais seulement un contact assez prolongé avec les matières réductives.

2° La liquéfaction de la fonte et des matières terreuses, qui exige une température très-élevée, dans un point très-rapproché du creuset, pour que les matières restent assez liquides après leur fusion, pour se séparer complétement; l'air chaud ayant pour effet de resserrer la zone dans laquelle se produit la combustion, et, par conséquent, en même temps, de diminuer la distance moyenne au creuset, le haut-fourneau se trouvera dans l'état le plus favorable pour que la dernière condition soit remplie, et elle pourra l'être d'une manière suffisante et encore plus complète qu'à l'air froid avec une moindre quantité de combustible. Cette cause

d'élévation de la température dans l'ouvrage compense largement la diminution de chaleur que tend à produire la diminution de masse d'air lancée dans le fourneau. Quant à la première condition elle est toujours suffisamment remplie, la température est toujours assez élevée au-dessus du point où s'opère la combustion, pour que le minerai y arrive convenablement préparé.

Cette concentration de la chaleur vers les tuyères ayant pour résultat immédiat de refroidir le gueulard, les gaz, en traversant une colonne de matières froides, se dépouillent plus complétement de la chaleur qu'ils enlèvent aux parties inférieures; c'est encore une source d'économie notable, parce que ces gaz entraînent toujours une proportion très-grande de la chaleur développée par le combustible. Pour les hauts-fourneaux au coke de Kœnigshütte, en supposant la température des gaz qui sortent du gueulard égale à 500°, cette déperdition de chaleur, pour l'azote seul, ne serait pas inférieure aux $\frac{15}{100}$ de la quantité totale de chaleur développée par la combustion du coke.

L'économie de combustible a pour résultat immédiat l'augmentation de produit journalier, toutes les fois que la quantité de vent chaud n'est pas de beaucoup plus faible que celle du vent froid; en général, quoique les dimensions des buses et la pression ne soient pas assez augmentées pour que la masse d'air lancée dans le fourneau reste la même, l'augmentation des charges compense cependant la diminution de charbon brûlé dans l'unité de temps que tend à produire la diminution du vent; quelquefois pourtant cette diminution est telle que la compensation n'a plus lieu et qu'il y a diminution de production journalière.

Les autres faits observés, tels que la fluidité plus grande des laitiers, de la fonte, etc., s'expliquent suffisamment par l'élévation de température; cependant, pour les hauts-fourneaux au coke, la diminution de combustible, et par suite de cendres à scorifier, doit exercer aussi une influence marquée sur l'économie de castine.

Dans les cubilots, les effets produits sont les mêmes que dans les hauts-fourneaux; les causes sont aussi les mêmes.

Dans les feux d'affinerie, l'accroissement d'énergie chimique de l'air produit également une concentration de la combustion devant la tuyère, et par suite une élévation locale de température qui accélère le forgeage, et qui permet de refondre la fonte et la loupe pendant les différents soulèvements et l'avalement avec une moindre dépense de combustible. Cette concentration de la combustion devant la tuyère et cette désoxygénation plus complète de l'air rendent très-bien compte de la diminution de déchet; l'air, lorsqu'il vient frapper la masse de métal incandescent, a perdu la plus grande partie, peut-être la totalité de son pouvoir oxydant; il scorifie le fer en moins grande quantité et laisse une plus grande part dans l'action décarburante aux scories qui n'oxydent que les matières étrangères sans altérer le fer. C'est pour la même raison que les plaques de fonte qui forment le creuset se brûlent moins rapidement.

Quoique l'exaltation des affinités soit la cause principale de l'économie de combustible dans les fourneaux de différente sorte, il est une autre cause que l'on ne doit pas négliger, c'est la chaleur apportée par l'air échauffé; on le concevra facilement, si l'on songe que le poids de l'air lancé dans un

haut-fourneau s'élève souvent à 10 et 15 fois le poids du combustible brûlé dans le même temps, ou 3 et 4 fois le poids des matières fondues. Des exemples particuliers feront mieux concevoir quelle peut être l'influence de cette cause.

En relevant les résultats relatifs au charbon dur dans le tableau des essais faits pour les cubilots de Gleiwitz, et ramenant tout aux mesures métriques, on peut former le tableau suivant : (Le coke est supposé renfermer 10 p. o/o de cendres.)

Tempéra-ture.	Diam. des buses.	Pression. manomètr.	Charb. consommé par 1'. Brut.	Charb. consommé par 1'. (Abstr. faite des cendres.)	Air consommé par 1'.	Air consommé par 1'.	1 k. de ch. pur a consommé : air.
	m.	m.	k.	k.	m. cub.	k.	k.
Air froid.	0,042	0,056	3,11	2,86	17,40	21,75	7,50
150° cent.	0,042	0,047	2,31	2,13	12,94	16,15	7,60
225° cent.	0,046	0,041	2,29	2,11	13,32	16,65	7,80

(La quantité d'air nécessaire pour brûler 1 kil. de charbon dans cet appareil, reste la même quelle que soit la température de l'air. Ce résultat fait voir que l'explication que quelques personnes ont cherché à donner des effets de l'air chaud, en admettant que la formation d'acide carbonique était plus grande, qu'il s'échappait moins d'oxyde de carbone par le gueulard, et par suite qu'il y avait moins de combustible entraîné sans avoir produit

tout son effet, n'est pas fondée; puisque dans ce cas-ci il y a une économie de près de 40 p. 0/0, sans que la quantité de charbon consommée pour un certain poids d'air diminue; l'acide carbonique qui se forme dans les premiers instants de l'introduction de l'air dissout la même quantité de charbon en s'échappant du fourneau).

On voit dans ce tableau que, pour 1 kil. de coke pur, la quantité d'air consommé reste à peu près constante et égale en moyenne à 7k.,6. Cette quantité d'air est insuffisante pour le transformer complétement en acide carbonique. En considérant ce coke comme du charbon pur, et supposant qu'il ne s'échappe pas d'air atmosphérique par le gueulard, en supposant enfin que les gaz se forment immédiatement, et sans passer par une suite de décompositions et de recompositions successives, il y aura 0k.,33 de coke transformés en acide carbonique et qui dégageront par conséquent 2579 unités de chaleur en se combinant avec l'oxygène de 3k.,77 d'air atmosphérique, et 0k.,67 de coke transformés en oxyde de carbone, développant 2618 unités de chaleur en consommant 3k.,83 d'air atmosphérique. 1k. de charbon en consommant 7k,6 d'air atmosphérique développera donc 5197 unités de chaleur (en supposant toutefois que le carbone dégage moitié moins de chaleur pour se transformer en oxyde de carbone que pour se transformer en acide carbonique).

D'un autre côté, la chaleur spécifique de l'air atmosphérique est 0,267. Lorsque les 7k.,6 d'air sont chauffés de 0° à 150°, ils prennent une quantité de chaleur égale à 304 unités de chaleur, et à 225°, égale à 515 unités de chaleur.

L'air apporte cette chaleur au fourneau; c'est une restitution faite d'avance sur ce qu'il lui enlè-

vera en sortant par le gueulard. En comparant ces nombres on voit que les quantités de chaleur que l'air apporte au fourneau sont les $\frac{5.8}{100}$ et les $\frac{10}{100}$ de la chaleur totale qu'il développera par la combustion du coke. Cette quantité de chaleur introduite ainsi, doit équivaloir à la combustion dans le fourneau d'une quantité de combustible, sinon proportionnelle au nombre qui en exprime la quotité, du moins du même ordre de grandeur que ce nombre.

Les hauts-fourneaux au coke de Kœnigshütte peuvent fournir un autre exemple.

Dans le fourneau Reden par exemple:

La pression aux 3 buses est 2 livres $\frac{1}{4}$ par pouce carré, soit en hauteur de mercure. . 11cent.,34

Il y à 3 buses, les 2 buses latérales ont pour diamètre. . . . . 2 pouces $\frac{3}{8}$. = 0m.,062

La 3e a pour diamètre. . . . 2 pouces. . = 0m.,052

La température est 70° R. . . . . = 87°,5

Avec ces éléments on trouve que le volume d'air lancé dans le fourneau par 1′, mesuré sous la pression 0m,76 et à la température 0°, est. 64m.c.,38

Soit, en poids. 83k.,83

La consommation dans les 6 premiers mois de 1838 a été:

Pour 6 mois.	14592 tonnes.
Pour 1 semaine.	561 »
Pour 1 jour.	80t.,17
Pour 1 heure.	7t.,415 = 382k.,46
Pour 1 minute.	6k.,37

En supposant 10 p. 0/0 de cendres dans le coke, en 1′ on consomme 5k.,73 de charbon et 83k.,83 d'air, soit pour 1k. de charbon, 14k.,6 d'air. Or, pour se transformer complétement en acide carbonique, 1 kil. de charbon n'exige que 11k.,425 d'air atmosphérique, il y a eu excès d'air atmo-

sphérique lancé dans le fourneau. En supposant que tout le combustible soit transformé en acide carbonique (ce qui n'est pas, car il se dégage encore de l'oxyde de carbone par le gueulard), et en faisant abstraction de ce qui est nécessaire pour la réduction du minerai, la quantité de chaleur développée par 1 kil. de coke pur sera 7815 unités de chaleur.

Les 14$^{k.}$,6 d'air atmosphérique introduiront dans le fourneau :

A 100° c.	390	unités de chal., soit les	$\frac{5}{100}$	de ce que dégag.	le combust.
A 200° c.	780	» »	$\frac{10}{100}$	»	»
A 300° c.	1170	» »	$\frac{15}{100}$	»	»

Sans prétendre tirer de ces nombres aucune conclusion pour la valeur numérique de l'économie de combustible produite par l'introduction de cette chaleur qui vient contribuer à l'effet général, on peut néanmoins en conclure que cette cause d'économie n'est pas négligeable, mais qu'elle est de beaucoup insuffisante pour expliquer tous les phénomènes.

Influence de l'air chaud sur la qualité de la fonte.

L'influence qu'exerce l'air chaud, sur la qualité de la fonte, n'est pas aussi facile à expliquer que l'économie de combustible, l'augmentation de production journalière, etc. Quoique dans la plupart des usines où l'on a employé l'air chaud, son influence nuisible n'ait pas été remarquée comme dans la Haute-Silésie, surtout dans les hauts-fourneaux au coke, on en trouve cependant d'autres exemples : ainsi, à la Voulte, on a remarqué que l'emploi de l'air chaud avait diminué la ténacité de la fonte, de même pour la fonte de moulage dans les usines du Bas-Rhin, etc. Il est même probable que, si l'on pouvait passer en revue les résultats exacts de toutes les usines qui ont employé

l'air chaud, on verrait qu'il y a eu en général diminution dans la tenacité de la fonte. Pour les fontes, soit au bois, soit au coke, on doit en chercher la raison d'abord dans l'allure chaude du fourneau qui donne généralement des fontes à grains plus gros ou plus cristallins qui ont une cohésion moindre. En outre, pour les hauts-fourneaux au coke, on doit en chercher une autre raison dans la nature même du combustible. La houille renferme souvent une proportion de cendres considérable : ces cendres se concentrent dans l'opération de la carbonisation, et le coke en renferme quelquefois jusqu'à 20 p. o/o. Ces cendres, composées en grande partie de silice et d'alumine, sont intimement disséminées dans le combustible, et par conséquent présentent les conditions les plus favorables pour la réduction de leurs éléments par l'action de la chaleur. La réduction de la silice ayant lieu toujours, du moins dans les hauts-fourneaux au coke, cette réduction, et par conséquent la quantité de silicium qui souille la fonte, doit être en quelque sorte en raison directe de l'impureté du combustible, ou plus exactement de la quantité de matières terreuses *intimement disséminées* qu'il renferme. C'est un élément dont on n'a peut-être pas, jusqu'ici, tenu suffisamment compte dans l'appréciation des résultats que donnent les hauts-fourneaux au coke ; c'est probablement à la nature et à la quantité de ces cendres, aussi bien qu'à l'état de dissémination dans lequel elles se trouvent, qu'est due en grande partie la grande consommation des hauts-fourneaux au coke ; à mesure que le carbone brûle, elles doivent se vitrifier et former à la surface des morceaux comme un glacis qui s'oppose au contact de l'air et retarde

la combustion, en même temps qu'elles augmentent par leur masse la quantité totale des matières à scorifier. De là, cette haute température qu'il est nécessaire d'entretenir dans les hauts-fourneaux à coke et la grande consommation de combustible. Il est probable que c'est à la pureté du combustible qu'est due la faible consommation de combustible minéral dans quelques hauts-fourneaux, par exemple, dans le haut-fourneau de Grivegnée, près de Liége (à M. Orban), dans les hauts-fourneaux à l'anthracite du pays de Galles, etc. (Daprès le mémoire de M. Daubrée, le haut-fourneau d'Yniscedwin ne consomme que 1,35 d'anthracite pour 1 de fonte, ce qui est de beaucoup inférieur à la consommation des hauts-fourneaux voisins qui marchent au coke, combustible poreux cependant, et plus facile à brûler que l'anthracite; il est à remarquer que cette anthracite ne renferme que 1,6 p. 0/0 de cendres, tandis que les houilles employées ordinairement dans les usines du même pays renferment, en moyenne, 3 p. 0/0 de cendres, ce qui doit faire 4 à 5 p. 0/0 pour le coke.) Sous ce point de vue il faut distinguer les cendres intimement mélangées des pierres qui proviennent de l'exploitation de la houille, et qui se retrouvent dans le coke, l'influence de ces dernières est loin d'être aussi nuisible. Indépendamment de la quantité de cendres, la silice doit faire passer dans la fonte une quantité de silicium d'autant plus grande que la température est plus élevée dans le fourneau, puisque c'est la chaleur qui est l'agent de sa réduction. Par la réunion de ces deux causes, la proportion de silicium, dont l'influence nuisible est admise par tous les métallur-

gistes, peut dépasser les limites en dedans desquelles sa présence ne produit pas encore un effet très-nuisible sur la qualité de la fonte, soit de moulage, soit d'affinage.

Le rapprochement des nombres suivants, malgré l'isolement des résultats, donneront peut-être quelques probabilités aux idées théoriques qui précèdent.

NOM DE L'USINE.	NATURE du combustible.	CENDRES.	NATURE de la fonte.	SILICIUM.
				p. o/o.
La Voulte. . .	Coke.	18 à 20 p. o/o	Grise.	4,2 air chaud. 3,3 air froid.
Janon	Coke.	13 p. o/o	Grise.	3,5 air froid.
Firmy. . . .	Coke.	7 à 8 p. o/o	Grise.	4,5 air chaud. 3,2 air froid.
Charleroy. . .	Coke.	Houille en général d'assez mauvaise qualité.	Grise.	3,5 —
Angleterre . .	Coke.	La houille en Angleterre renferme 3 p. o/o de cendre rouge.	Noire.	2,5 —
La Clyde. . .	Houille.	4,6 p. o/o	Grise, n° 1.	2,8 —
			— n° 2.	2,2 —
			— n° 3.	1,8 —
			— n° 4.	1,1 —
Calder	Houille.	4 p. o/o	Grise.	1,5 —
			Blanche.	1,1 —
Yniscedwin. . (Pays de Galles.)	Anthracite.	1,6 p. o/o	Grise.	1,3 air chaud.

Ce tableau confirme ce fait généralement admis, que les fontes fabriquées à une haute température (les fontes grises), renferment plus de silicium que celles qui sont fabriquées à une plus basse température (les fontes blanches ou tirant sur le blanc). En outre, il établit d'une manière assez nette que *la quantité de silicium est d'autant plus grande que le combustible est plus impur;* c'est peut-être là la seule cause de la supériorité des fontes anglaises sur celles du continent.

En Silésie, la houille n'est pas très-pure; on admet une teneur en cendres de 7 à 8 p. o/o, et il est probable qu'en mettant 10 p. o/o de cendres pour le coke, on reste encore au-dessous de la vérité; en outre, certaines houilles, par l'incinération sous la moufle, donnent des cendres très-volumineuses et très-légères, ce qui indique que les matières terreuses ou argileuses y sont mélangées dans un état de division extrême. Il serait possible que ces circonstances réunies favorisassent, par suite de l'élévation de température due à l'air chaud, la production d'une plus grande quantité de silicium dans la fonte, et qu'on dût chercher là seulement l'altération des qualités que présentait auparavant la fonte pour le moulage et surtout pour l'affinage. On sait que de très-petites quantités de silicium, dans le fer doux, le rendent très-cassant à froid; M. Karsten regarde même sa présence comme plus nuisible que celle du phosphore; or, c'est là le défaut qu'a présenté à un si haut degré le fer fabriqué à Rybnick avec la fonte à l'air chaud de Kœnigshütte.

On pourrait croire que la présence du zinc et du plomb dans le minerai peut contribuer à cette altération de la fonte; mais s'il en était ainsi, une

proportion plus grande de minerai plombifère et zincifère dans les charges à l'air froid, devrait altérer de même la qualité de la fonte. Du reste, plusieurs expériences faites en grand dans les hauts-fourneaux de Kœnigshütte, et consignées par M. Karsten dans son *Traité de la métallurgie du fer*, prouvent que le zinc et le plomb, introduits dans les hauts-fourneaux, et même dans les feux d'affinerie, ne peuvent pas avoir d'influence sensible sur la qualité du fer affiné; le zinc seulement exerce peut-être une influence sur la fonte, mais il n'en a aucune sur le fer. Si cette influence eût été réelle, on aurait expliqué l'altération de la fonte à l'air chaud par la concentration des cadmies dans les parties inférieures, d'où elles peuvent se détacher et parvenir dans l'ouvrage.

CHAPITRE VII.

ESSAIS DE DIFFÉRENTS GENRES DANS LES USINES DE LA HAUTE-SILÉSIE.

1° *Emploi des combustibles en nature.*

Emploi du bois en nature.

En 1833, on a essayé dans les usines de Malapane et de Kreutzburg, de substituer le bois vert au charbon; mais les essais ont été de peu de durée, (de 5 à 6 jours), et n'ont pas donné de résultat concluant. Dès cette époque on préparait les essais de l'air chaud, et la question de l'emploi des combustibles crus est restée de côté; je n'ai pas entendu dire que depuis on ait repris les essais.

Emploi de la houille.

On a essayé de même à Kœnigshütte d'employer la houille crue dans le haut-fourneau : les essais ont été faits dans le courant de l'année 1833. On a remplacé le coke par un égal volume de houille;

on est parvenu ainsi à mettre le fourneau en bonne allure en augmentant même la charge de minerai de $\frac{3}{4}$ de quintal; on a obtenu ainsi de la fonte grise bonne pour le moulage, mais très-difficile à affiner et donnant du fer cassant à froid. L'emploi de la houille ayant eu pour résultat de rendre l'allure plus chaude, l'altération de la qualité du fer doit être attribuée, peut-être, comme à l'air chaud, à la présence d'une plus grande quantité de silicium dans la fonte. Ces essais n'ont pas eu de suite, mais on pense généralement que lorsqu'on voudra les reprendre avec persévérance, on arrivera à substituer complétement la houille au coke, du moins pour les houilles, semblables à celles de Kœnigshütte, qui ne collent pas, et pour les houilles encore plus maigres. Les résultats obtenus à l'usine de Friederichshütte, où l'on a substitué depuis plusieurs années la houille de Kœnigshütte au coke, garantissent le succès, si toutefois ce nouveau procédé n'a pas d'influence fâcheuse sur la qualité du fer.

A Gleiwitz, les mêmes essais ont eu lieu, mais les houilles plus grasses qu'à Kœnigshütte, le sont beaucoup trop pour la nature pulvérulente des minerais; au bout de quelque temps, le bitume qui se dégageait et se condensait avant la sortie du fourneau, finit par former voûte, et il y eut une explosion terrible qui projeta les matières à une très-grande hauteur au-dessus du fourneau; on se hâta de revenir au coke et on ne l'a pas quitté depuis. La substitution de la houille au coke paraît impossible à Gleiwitz, maintenant surtout qu'on emploie l'air chaud. En moulant le minerai terreux en briquettes avec de la chaux et rendant ainsi la colonne de matières plus poreuse, on aurait peut-être quelques chances de succès.

2° Emploi de la vapeur d'eau.

La vapeur d'eau a été employée dans les deux hauts-fourneaux de Kœnigshütte qui marchent à l'air chaud. L'eau était injectée en filets très-déliés dans le portevent à sa sortie de l'appareil à chauffer l'air; par son contact avec l'air chauffé à 70° à 80° R. environ, elle devait se réduire en vapeurs et arriver mélangée avec l'air. L'appareil employé pour injecter l'eau se composait d'une caisse en bois, placée sur l'appareil à chauffer l'air; un tuyau mince en cuivre, fermé par l'extrémité, et percé seulement de petits trous, amenait l'eau dans le portevent; un flotteur d'une disposition très-simple, servait à mesurer la quantité d'eau froide à chaque instant et permettait d'en régler la distribution. La quantité d'eau, que l'expérience avait fait reconnaître comme la plus convenable, était de 6 pieds cubes en 12 heures; soit 186 kil. Dans le même temps, la quantité d'air injectée dans le fourneau est de 60.000 kil. à peu près, le rapport des poids est seulement 0,003. Celui des volumes de vapeur et d'air 0,007. Quelque petite que soit cette quantité d'eau, il paraît qu'elle avait une influence assez sensible sur la marche du fourneau. Son effet était de produire un refroidissement dans l'ouvrage; elle diminuait la concentration de la chaleur et l'élévation de température, reportait la chaleur au gueulard sans diminuer pour cela l'économie de combustible qui résultait de l'emploi de l'air chaud. Elle permettait de profiter des avantages de l'air chaud pour la quantité de combustible, et des avantages de l'air froid pour la qualité de la fonte. Il paraît qu'en portant la quantité d'eau à 8 pieds cubes en 12 heures, l'allure du four-

neau se trouvait trop refroidie. Ces essais, interrompus par suite d'un changement dans le personnel de l'administration, ont été repris pendant mon séjour à Kœnigshütte. Ils étaient en activité depuis 8 jours à mon départ.

Jusque-là les résultats avaient été les mêmes; il n'y avait rien eu de changé quant à la consommation de combustible et à la production journalière; la fonte paraissait un peu moins grise, surtout à grains plus fins; elle était moins facile à casser. Les tuyères étaient moins brillantes qu'à l'air chaud; il paraissait s'y former plus d'attachements. L'emploi de la vapeur d'eau paraissait donc, comme auparavant, améliorer les produits sans rien changer aux avantages économiques de l'air chaud. On donnait la même quantité d'eau : 6 pieds cubes en 12 heures. S'il est permis de compter sur ces résultats, on peut en conclure qu'il y a de l'avantage à employer la vapeur d'eau, non pas comme moyen d'activer la combustion, mais comme correctif de la haute température que tend à produire l'air chaud dans l'ouvrage. On ne peut rien en conclure pour les effets que produirait la vapeur d'eau injectée à une très-haute température, d'autant plus que, dans ces essais, l'eau n'était soumise au plus qu'à la température de l'ébullition, et très-probablement il n'y en avait qu'une très-faible partie transformée en vapeur; la plus grande partie devait être entraînée mécaniquement, et alors l'action réfrigérante s'expliquerait très-bien.

Des essais du même genre, qui s'accordent avec ceux de Kœnigshütte, ont été entrepris à l'usine de Neuberg, dans la haute Styrie. Je les ai trouvés consignés dans le traité de mécanique de M. Gerster. La vapeur était engendrée dans une cornue

en fonte de la capacité de 8 pieds cubes, placée sous l'une des embrasures du haut fourneau et chauffée par un foyer particulier. Elle portait un tuyau de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de diamètre, terminé par une buse de $\frac{3}{4}$ de pouce, engagée aussi loin que possible dans la tuyère à côté de la buse à air. La charge de minerai était de 122 livres, et celle de charbon de 1 mesure $\frac{1}{8}$ (à 7p.c.,788 la mesure, mesure de la basse Autriche). La consommation de vapeur était de 430 pieds cubes par heure, et celle de vent de 1.355 pieds cubes par 1'. Les essais ont duré 14 jours. Il n'y a pas eu de changement dans la production journalière et dans la consommation de combustible. La seule apparence qu'on ait remarquée, c'est que les floss paraissaient mieux s'approprier à la fabrication de l'acier; à la forge, il y avait plus de difficulté à les travailler pour acier très-doux; la fonte est restée blanche comme à l'ordinaire; les laitiers n'ont pas changé non plus.

Les résultats obtenus à l'usine de Silberaaler-Hammer, dans le Hartz, s'il y a réellement économie de combustible, ne prouvent pas davantage que la vapeur d'eau puisse augmenter la quantité de chaleur développée dans la combustion; l'eau n'a probablement pour effet, dans ce cas, que de faire prendre plus rapidement nature à la fonte, d'accélérer l'affinage, et de diminuer ainsi la consommation de combustible, qui dépend en grande partie de la durée de l'opération.

3° *Emploi de la poudre de Schafhautel pour le puddlage.*

L'emploi de la poudre Schafhautel, formée d'un mélange de sel marin, de peroxyde de manganèse et

d'argile, est peut-être un des procédés métallurgiques qui mériteraient d'être étudiés avec le plus grand soin ; il a été essayé dans beaucoup de localités, mais abandonné généralement, parce qu'il donnait un trop fort déchet, quoiqu'il y eût réellement amélioration dans la qualité du fer. Il a été essayé dans un grand nombre d'usines de la Prusse rhénane ; il est encore en activité, à ce qu'il paraît, à Alph, entre Trèves et Coblentz, chez M. Rémy, qui l'emploie par intervalles, lorsque la fonte donne du fer de très-mauvaise qualité. Il est probable que le résultat, généralement obtenu, d'un plus grand déchet, est dû à ce qu'on n'a pas changé suffisamment la méthode de puddlage ; aux agents d'oxydation ordinaires on en a ajouté d'autres très-énergiques, et nécessairement la quantité de métal oxydé a dû augmenter. Des essais entrepris dans la haute Silésie, et déjà passés à l'état de procédé courant, prouvent qu'en opérant convenablement, on peut obtenir avec ce procédé des résultats avantageux.

Usine de Zandowitz.

J'ai vu ce procédé employé à l'usine de Zandowitz, appartenant au comte Rennard, et située à moitié chemin de Malapane à Tarnowitz. Cette usine se compose de 2 hauts fourneaux au charbon de bois, une forge à l'anglaise avec 6 fours à puddler et un laminoir pour faire le petit fer. Tous les fours à puddler marchaient avec la poudre Schafhautel depuis le commencement de l'année (1838), et l'on s'en trouvait très-satisfait.

Les fours à puddler employés actuellement, ont la forme d'hexagones allongés ; la longueur est de 4 pieds 8 pouces, la largeur est de 2 pieds 11 pouces. La sole est formée par une plaque de fonte ; la maçonnerie en briques qui forme les parois et

qui soutient la voûte, est supportée par un anneau en fonte de 8 pouces à 10 pouces de hauteur. On fait ordinairement cet anneau en 2 pièces, et il est creux intérieurement; dans le canal ainsi formé, on fait circuler un courant d'eau froide; mais il paraît qu'on peut se dispenser de cette précaution; à Zandowitz on emploie un anneau plein : le fourneau est à 2 portes opposées. Le seuil de la porte a de 4 pouces à 2 pouces de hauteur, de sorte que la profondeur totale du fourneau soit de 1 pied. On forme la sole à neuf avec des scories d'affinage; on en met une couche de 4 pouces à 6 pouces d'épaisseur; on la tasse bien en l'arrondissant sur la paroi latérale en fonte. On chauffe pendant 6 à 7 heures, pour échauffer le fourneau et fondre les scories; une portion seulement se liquéfie : il en reste une partie solide sur la sole et les côtés, et les pièces de fonte sont ainsi préservées. L'affinage se fait *sous un bain de scories liquides*, dont l'épaisseur ne doit jamais être inférieure à 2 pouces. On ajoute toujours, au commencement de chaque opération, les scories qui s'expriment de la loupe sous le marteau, et qui tombent des ringards pendant l'opération.

La poudre que l'on ajoute pendant le puddlage renferme en proportion :

24 liv. d'oxyde de manganèse (*Braunstein*).
36 liv. de sel marin.
9 à 12 liv. d'argile.

On ajoute 5 livres du mélange pour 6 quintaux de fonte. Le mélange doit être introduit en poudre extrêmement fine et employé très-sec. On place la charge pour une opération dans une petite caisse en tôle qui est suspendue aux plaques d'entourage du fourneau.

On commence par échauffer la fonte, en la plaçant dans le renard à la partie inférieure de la cheminée; elle est en plaques de 1 à 2 pouces d'épaisseur et de 1 pied carré environ. Trois quarts d'heure ou 1 heure avant la fin d'une opération, on la met à chauffer. Lorsque le forgeage est fini, un ouvrier nettoie le fourneau avec un rabot et tasse les scories sur la sole; ensuite les ouvriers réunis chargent la fonte; ils la prennent dans le renard avec une pelle en fer suspendue à une petite grue, qui fait corps avec le fourneau, et la déposent avec précaution sur la sole; elle est déjà portée à la température rouge. On ferme la porte et on chauffe jusqu'à ce que la fusion soit complète; on l'accélère à la fin en brisant avec le rabot les plaques ramollies. La fusion est complète au bout de 1 heure à 1 heure et demie; vers la fin, on ouvre complétement le registre de la cheminée pour élever la température aussi haut que possible. Lorsque la fonte est entièrement fondue ainsi que les scories qui forment un bain à la surface et qui la préservent complétement de l'action de l'air, on commence à ajouter le mélange; on le jette avec une petite pelle en fer qui peut tenir de $\frac{1}{3}$ de livre à une demi-livre. Un des ouvriers jette la matière au milieu du fourneau, l'autre l'enfonce rapidement avec son rabot sous les scories et brasse constamment. Pendant cette partie de l'opération, le registre doit être aussi complétement fermé que possible, pour que le courant d'air n'entraîne pas la poussière. On ajoute successivement les 5 livres du mélange en 10 à 15 fois; l'opération dure en tout 25′; on laisse entre chaque injection le temps nécessaire seulement pour mélanger autant que possible et éviter les pertes par entraînement ou

par volatilisation. Lorsqu'on a commencé l'addition du mélange, on voit se dégager, à travers le bain de scories, des flammes blanches qui ont environ 2 pouces de longueur; plus tard, ces flammes deviennent bleuâtres, et à la fin elles prennent une teinte rouge très-prononcée. Lorsque l'addition du mélange est terminée, le bain de scories commence à devenir écumeux, le fer affiné arrive à la surface en masses spongieuses; la masse prend d'elle-même un mouvement tumultueux très-remarquable, elle roule sur elle-même. Dans ce mouvement, le bain monte jusqu'au niveau de la porte, et souvent il y a des matières projetées à l'extérieur, quoique la profondeur du fourneau soit de 1 pied. Pendant que le fer qui prend nature roule ainsi en écume dans le fourneau, l'ouvrier n'a rien à faire; il se tient seulement avec son rabot devant la porte pour empêcher la matière de sauter au dehors. Dans les premières opérations qui succèdent à la mise en feu, le fourneau est encore trop froid, le travail que la matière éprouve d'elle-même n'est pas encore assez actif, il faut l'aider en brassant avec le ringard; mais dans le cours ordinaire du travail, il faut laisser faire. Ce bouillonnement dure environ 10 minutes; lorsqu'il est terminé, on ouvre la deuxième porte du fourneau, et deux ouvriers armés de ringards pointus commencent à former les loupes. Ce travail se fait à la manière ordinaire et dure de $\frac{1}{2}$ heure à $\frac{3}{4}$ d'heure. Vers la fin, on ferme de temps en temps les portes pour réchauffer le fourneau; on baisse le registre pour ne pas brûler le fer; on fait 6 à 8 loupes; ces loupes sont étirées successivement sous le marteau, qui pèse 93 quintaux et frappe environ 20 à 25 coups par 1'.

Pendant cette opération la loupe donne des jets

de flammes bleus et verts à l'extrémité ; ce phénomène très-remarquable ne se produisait pas dans le puddlage ordinaire sans réactifs; lorsque le fer est brûlé, il ne donne pas non plus de flamme. Le four à puddler emploie 5 ouvriers : 2 pour ajouter le mélange et brasser, ils travaillent à tour de rôle, et 2 pour le travail des loupes; le cinquième est un aide chargé d'alimenter le foyer. On charge le charbon par un tuyau en tôle placé sur la voûte de la chauffe et fermé par un registre. On fait environ 9 opérations en 24 heures. Lorsque le haut-fourneau est en activité, on puise la fonte dans un creuset puisard, et on l'apporte liquide dans le four à puddler. La distance du haut fourneau à la forge étant assez grande, et la fonte se refroidissant beaucoup, il n'en résulte pas une notable économie de temps et de combustible, mais on prétend que la qualité du fer est améliorée.

Avec la poudre Schafhautel la consommation est, nous a-t-on assuré, de $1\frac{1}{2}$ à 2 quintaux de houille pour 1 quintal de loupe. Les années précédentes on consommait $2\frac{1}{4}$ quintaux de combustible; mais pour l'introduction du nouveau procédé on a augmenté les dimensions des fours à puddler et on a porté la charge de 3 quintaux à 6 quintaux. L'économie de combustible résulte probablement de ce fait seul. Néanmoins on assure qu'il y a eu économie de temps, diminution de déchet et surtout amélioration de la qualité du fer en barres. Sans rapporter les résultats pour la diminution de déchet, qui sont évidemment exagérés, j'ai indiqué les détails de ce procédé, dont l'avantage peut être regardé comme certain, puisqu'il est employé depuis un an, et dans tous les fours à puddler de l'usine. Ce fait est plus concluant que des chiffres

dont je ne saurais garantir l'exactitude. La qualité du fer paraît très-bonne, il est très-doux et peut être plié plusieurs fois sans gerçures; la fonte employée est de deux espèces, l'une que l'on regarde comme phosphoreuse, l'autre comme sulfureuse. Le seul ennemi qu'on redoute dans ce procédé, c'est le silicium.

On a cherché souvent à donner des théories de l'action de la poudre Schafhautel; mais ces théories n'étant appuyées sur aucune observation directe, ne reposaient que sur des hypothèses plus ou moins ingénieuses faites sur les réactions compliquées que peuvent présenter les substances en présence. C'est en général au chlore qu'on a attribué la grande action de ce mélange, mais ce principe si fugitif a peut-être en réalité une action beaucoup moindre que celle qu'on lui suppose. Sa formation, du reste, est facile à concevoir sous l'action combinée du manganèse qui cède de l'oxygène au sodium, et de l'argile qui silicate la soude. C'est peut-être à la soude qu'on doit attribuer le rôle principal; quoiqu'elle soit engagée en combinaison dans un silicate, on conçoit très-bien, ce silicate étant très-basique, qu'elle puisse être réduite par le fer métallique, comme dans le procédé de préparation de MM. Gay-Lussac et Thenard : le sodium en liberté se porte peut-être sur le soufre et le phosphore pour lesquels il a une affinité plus grande que le fer. Ces idées, du reste tout à fait hypothétiques, sont confirmées par la production de ces flammes verdâtres qui se dégagent dans le cinglage de la loupe; les scories imbibées dans la masse, se trouvant exprimées, ont un contact bien plus intime avec le fer; la compression détermine une élévation intérieure de température, et par suite

de ces deux circonstances il y a peut-être réduction d'une nouvelle quantité de soude dont le radical volatil vient brûler au contact de l'air. Quoi qu'il en soit, on conçoit très-bien qu'en conduisant l'opération comme elle se fait à Zandowitz, en soustrayant la fonte à l'action de l'air, n'employant comme réactifs de l'affinage que les scories qui les recouvrent et le mélange qu'on y introduit, l'opération est bien plus sûre, et l'on doit éviter encore le déchet dû à l'action oxydante de l'air qui pénètre dans le fourneau. Le chlore qui doit entraîner du fer à l'état de chlorure est peut-être chassé avant d'être en contact avec ce métal, avant d'avoir traversé les couches de scories liquides. L'examen en petit de l'action des alcalis sur des fontes sulfureuses et phosphoreuses donnerait certainement des lumières sur la valeur individuelle de chacun des éléments de cette recette empirique : on arriverait peut-être à voir que le sel marin n'agit que comme équivalent d'un alcali, et qu'il ne doit être préféré à tout autre réactif que par son bas prix.

L'essai de la poudre Schafhautel a été fait également à l'usine de Rybnickerhammer, mais sur une trop petite échelle et dans des circonstances trop défavorables pour conduire à un résultat concluant. On a soumis au puddlage ordinaire, en observant toutes les prescriptions de Schafhautel : 1° une fonte très-sulfureuse obtenue dans l'ancien haut-fourneau de Paruschowitz dans lequel on avait chargé, pendant quelque temps, comme fondant, du gypse que l'on avait pris pour du calcaire ; la fonte très-blanche, très-aigre, est restée jusqu'ici sans usage ; 2° on a employé de la fonte très-phosphoreuse provenant de la fonte du minerai des prairies qui est extrêmement abondant en

Silésie; on a pris des vieux boulets qui avaient été fabriqués avec ces minerais pendant les dernières guerres contre la France. On a fait 2 charges de chaque espèce, on n'a pas obtenu une seule barre qui ait pu résister aux épreuves.

NOTE

Sur un sondage exécuté à Cessingen, dans le grand duché de Luxembourg.

(Extrait d'une lettre de M. LEVALLOIS, ingénieur en chef des mines).

On exécute en ce moment à Cessingen, village situé à une lieue environ de Luxembourg, dans le grand duché de ce nom, un sondage qui mérite d'être mentionné particulièrement. Il était parvenu le 1er avril 1839, à la profondeur de 534 mètres, la plus considérable, assurément, à laquelle on ait foré en Europe jusqu'à cette heure.

Ce travail, dont l'objet est de rechercher le sel gemme dans la formation du *Keuper*, a été entrepris par M. Rost, habile ingénieur saxon, pour le compte d'une compagnie dans laquelle figurent les principales notabilités financières de Bruxelles. Il a été commencé le 1er février 1837, et dans le moment actuel, il avance encore d'un mètre par vingt-quatre heures. Or, on comprend que, pour qu'un sondage ait pu être poussé avec cette activité jusqu'à une profondeur aussi insolite, il faut que la pensée dirigeante ait déployé bien des ressources pour prévenir et surmonter les obstacles qui se présentent à chaque pas dans les travaux de ce genre; surtout quand j'ajouterai que l'on sonde *à la tige*, et que cette tige n'a que $\frac{3}{4}$ de pouce de grosseur.

Il n'appartient qu'à M. Rost de faire connaître avec les détails nécessaires les inventions diverses auxquelles il a été conduit; mais je veux dès aujourd'hui donner une idée de ce qu'il appelle son *parachute*, parce que c'est à cet appareil qu'il attribue pour une grande part la bonne marche de son sondage.

On sait que, quand la tige d'une sonde vient à se rompre (accident impossible à éviter), il arrive trop souvent que la partie qui n'est plus soutenue, par le choc qu'elle reçoit en tombant au fond du trou, se sépare elle-même en plusieurs fragments qui viennent se serrer les uns contre les autres, et ne peuvent ensuite être arrachés qu'avec beaucoup de peine. C'est là ce que M. Rost a voulu empêcher en retardant la chute, et de là le nom de *parachute* donné à l'appareil qu'il a imaginé dans ce but.

Le parachute est établi dans la partie inférieure de la tige, laquelle est renforcée *ad hoc*, en sorte qu'on est à peu près sûr que ce n'est pas là que peut avoir lieu la rupture. Il consiste en un manchon de bois, à travers lequel la tige peut jouer gaiement d'une hauteur un peu plus grande que *le saut* de la sonde. Au bas de ce manchon, sont fixées avec des boulons plusieurs rondelles de cuir superposées, d'un diamètre justement égal à celui du trou, qui se trouve ainsi bouché par une sorte de piston. Or, la tige vient-elle à se rompre, la partie abandonnée ne peut tomber avec toute la vitesse due à la pesanteur que d'une très-petite hauteur, d'une hauteur égale au jeu qu'elle peut prendre à travers le manchon; et dès que l'arrêt qui limite ce jeu est venu heurter la tête de cette pièce, la descente ne s'opère plus que lentement,

par suite du frottement qu'exerce le cuir contre les parois du trou.

M. Rost est parvenu aussi à diminuer la fréquence des ruptures de la tige en la formant, sur les trois premiers septièmes de sa hauteur, avec des perches de sapin de quatre pouces d'équarrissage.

Le trou est tubé, et on a déjà introduit quatre tubes de diamètres décroissants. Néanmoins M. Rost ne s'effraie pas de l'idée de pousser son forage jusqu'à 700 mètres.

Voici la suite des couches de terrain traversées :

	mètres.
Calcaire-lias.	62,00
Grès du Luxembourg.	83,57
Marne sableuse grisâtre.	25,43
Marnes keupériennes supérieures ; avec gypses et argiles salées.	166,00
Grès moyen (c'est le *grès de Stuttgard*) .	8,90
Marnes keupériennes inférieures ; avec gypses et argiles salées.	188,10
Total. . .	534,00

HISTOIRE CHIMIQUE

Des eaux minérales d'Aix en Savoie;

Par M. JOSEPH BONJEAN, pharmacien-visiteur à Chambéry (Savoie).

Aix en Savoie, appelé encore Aix-les-Bains, remonte à la plus haute antiquité. Quelques constructions sont généralement attribuées aux premiers Césars; d'autres, à l'empereur Gratien; de là le nom de *Aquæ Gratianæ* donné à la ville d'Aix par Guischenon et Cabias au quinzième siècle. Un temple romain encore sur pied, l'arc de L. Pompeïus Campanus, et des vestiges considérables d'anciens thermes, indiquent assez qu'Aix en Savoie fut jadis habité par une population nombreuse, riche et industrieuse. Topographie et statistique.

A la fin du siècle dernier, la population de cette petite ville était à peine de quinze à dix-huit cents âmes. Aujourd'hui elle s'élève à trois mille cinq ou six cents, nombre que le grand mouvement des baigneurs fait quelquefois doubler dans la belle saison.

Aix, placé entre la Suisse, la France et l'Italie offre une situation des plus heureuses; une position riante et saine, un ciel magnifique et un climat doux et tempéré. On n'y remarque jamais de maladies endémiques, de goëtres, de scrofules, de crétinismes et d'épidémies pestilentielles. Les épizooties y sont aussi fort rares.

Ses environs offrent des promenades superbes et variées. La végétation est florissante, et les pro-

ductions du sol sont saines, savoureuses et abondantes. Comme Aix n'a pas de manufactures, ses bains doivent être considérés comme sa seule branche productive et industrielle.

Il existe à Aix divers restes d'antiquités romaines : le temple de Diane, l'arc de Campanus, etc., etc. Parmi les restes d'anciens bains, les plus remarquables de tous sont ceux que l'on désigne sous le nom de Vaporarium romain, découverts sous la maison de Perrier Chabert. Sous d'autres maisons voisines, on a trouvé plusieurs autres bains dont un, le mieux conservé de tous, est appelé Bain de César. Il a la forme d'un octogone irrégulier, et offre environ quinze mètres carrés de surface. Il est entouré de gradins revêtus de marbre blanc d'une blancheur parfaite dont voici la composition :

Argile.	0,009	
Carbonate de magnésie. .	0,010	1.000
Id. de chaux. . . .	0,981	

Le ciment de ces bains ressemble à un tuf calcaire gâché avec de la brique grossièrement pilée, en forme de stuc. Le carbonate de chaux en forme la majeure partie; il y a de plus un peu de carbonate de magnésie, du fer, de la silice et de l'alumine.

Sous le rapport des agréments de tout genre, il est peu d'établissements thermaux qui offrent aux baigneurs des plaisirs plus nombreux, plus variés dans leur espèce. Ainsi, depuis 1824, on a construit à Aix un cercle toujours ouvert aux étrangers moyennant une faible rétribution (1),

(1) Prix de l'abonnement pour la saison : Pour un homme, 20 fr.; une dame, 10 fr.; une mère et sa fille

où l'on trouve un cabinet de lecture, des salles de billard, de jeu, de concert et de danse; des cafés et un petit théâtre où vient jouer deux fois par semaine la troupe de Chambéry; de vastes jardins et des bosquets où se réunit chaque jour la société la plus brillante. Il y a de plus une compagnie d'artistes attachés au conservatoire de Paris, engagés depuis le 15 juin au 15 septembre, qui donne des concerts chaque soir; et, dans le plus fort de la saison des eaux, il y a chaque dimanche des bals d'invitation qui étonnent et ravissent le Parisien, et auxquels s'empressent de participer les habitants de Chambéry et d'autres villes voisines. Enfin, en ajoutant à tout cela un bureau de poste aux lettres régulièrement servi, et un relais de poste pour les voyageurs; le grand courrier de Genève à Turin; des diligences pour Lyon, Grenoble et Genève, qui passent tous les jours; et, depuis une année, un service régulier de bateaux à vapeur qui descendent à Lyon en sept heures; des voitures pour la promenade; des guides, des montures à ânes et à cheval pour les courses de montagne, et des bateaux pour les parties sur le lac du Bourget, par où l'on va visiter la fameuse et antique abbaye d'Haute-Combe, l'étranger pourra se faire une idée du nombre et de la variété des distractions qu'il peut se procurer pour jouir agréablement du temps qui n'est pas employé à prendre des bains ou des douches.

non mariée, 15 francs; une deuxième fille et un plus grand nombre d'enfants, pour chacun, 4 fr.; un père et son fils, 30 fr.; un deuxième fils et un plus grand nombre, pour chacun, 5 fr. Les enfants au-dessous de dix ans, présentés par les parents abonnés, ne payent pas.

On trouve à Aix des médecins dont la réputation, les soins et les lumières sont dignes des plus grands éloges. Voici leurs noms par ordre d'ancienneté : MM. Despine père, médecin-directeur, Vidal, Forestier, Dardel, Despine fils, Davat et Louis Blanc. Il y a aussi trois pharmacies : celles de MM. Davat et Bocquin, et celle des sœurs de Saint-Joseph. On trouve en ville un grand nombre d'hôtels et de maisons garnies qui ne seraient point déplacées dans les plus belles capitales, des tables d'hôte à toute heure du jour et des pensions à tout prix.

Voici huit catégories principales de maladies auxquelles, selon M. Despine père, médecin-directeur de l'établissement, ces eaux peuvent être utiles : 1° le rhumatisme ; 2° les maladies de la peau ; 3° les affections strumeuses et lymphathiques ; 4° les maladies chroniques des os, 5° les syphilides ; 6° les paralysies de toute espèce ; 7° les névralgies ou affections nerveuses ; 8° enfin, les maladies anomales qui résultent d'un état général de faiblesse ou d'énervation, et généralement toutes celles où n'existe ni inflammation ni fièvre aiguë.

Description des sources.

1. Il existe à Aix deux sources principales, l'une dite de soufre est située à environ soixante mètres de l'autre, appelée source d'alun ou de Saint-Paul. La première se trouve tout entière dans le grand bâtiment, dit Bâtiment royal, où l'on rencontre aussi de l'eau d'alun ; celle-ci est renfermée dans un grand réservoir qui lui est spécialement destiné, et que l'on désigne sous le nom de Thermes Berthollet, du nom de l'illustre chimiste dont la Savoie a été le berceau. Outre ces deux sources principales, il s'en trouve

une troisième, chaude, dans le jardin Fleury dont elle a pris le nom, située à quelques pas de celle d'alun, et qui paraît être une branche de cette dernière; et une quatrième, froide et sulfureuse, à vingt minutes d'Aix sur la route de Chambéry, au hameau de Marlioz, sur l'ancienne propriété de feu M. le colonel Chevillard. Enfin de nombreux filets d'eau ferrugineuse froide, se trouvent près de Saint-Simon, petit village à vingt minutes d'Aix, sur la route de Genève.

Source de soufre.

L'eau de soufre étant celle qui donne lieu aux principaux phénomènes que l'on remarque dans cet établissement thermal, son histoire occupera la majeure partie de cet extrait. Quelques mots sur celle d'alun suffiront ensuite pour faire ressortir la différence qui existe entre les eaux de ces deux sources.

Propriétés physiques de l'eau de soufre.

2. *Odeur et saveur*. L'eau de soufre a une odeur bien prononcée d'œufs couvés et une saveur analogue. Cette odeur, qui se reconnaît promptement dès qu'on pénètre dans l'intérieur du grand bâtiment, est cependant loin d'être aussi repoussante que celle de l'acide sulfhydrique qu'on obtient artificiellement dans nos laboratoires. Le mélange de ce gaz avec la vapeur d'eau ne serait-il point la cause de cette différence?

3. *Limpidité. Couleur*. L'eau de soufre est limpide, transparente et incolore. Si on en remplit un verre à la source, on remarque de suite une multitude de bulles d'air qui partent du fond du vase, traversent le liquide et viennent crever à sa surface. Ici, la transparence du liquide est momentanément troublée par l'ascension de bulles

de gaz, mais l'eau ne tarde pas à reprendre sa limpidité parfaite. Ces bulles de gaz sont très-probablement de la nature de celles que l'on observe en dégagement le long du conduit de la source (47), c'est-à-dire un mélange de gaz azote et d'acide carbonique, entraînant avec elles une portion du gaz sulfhydrique qui se dégage sans cesse de toute la surface de l'eau.

4. *Pesanteur spécifique.* Après avoir exactement rempli d'eau de soufre refroidie un grand flacon bouché en verre et l'avoir fait ensuite sécher à l'extérieur, le poids du flacon étant connu, de même que la quantité d'eau distillée qu'il pouvait contenir, j'ai trouvé, en comparant le poids des deux liquides, que la pesanteur spécifique de l'eau de soufre, comparée à celle de l'eau distillée, était de 100,01.

5. *Température.* L'eau de soufre, prise à sa source et quand elle est très-pure, marque presque toujours de 44 à 45° cent., mais ailleurs qu'à sa source, sa chaleur est partout moindre. Ainsi, les bouillons et les cabinets de l'Enfer donnent de 43 à 44°; la division du Centre fournit l'eau à 43°, et dans la division des Princes qui est plus vaste et mieux aérée, sa température dépasse rarement 41°.

Cependant, lorsque des eaux pluviales ou étrangères viennent accidentellement se mêler à ces eaux sulfureuses, la chaleur de celles-ci diminue de plusieurs degrés, et leur principe sulfureux s'affaiblit aussi d'une manière variable. Des observations ont prouvé que si l'eau de soufre s'abaisse de quelques degrés après de longues pluies, il lui faut un certain temps pour revenir à sa chaleur normale; tandis que celle d'alun qui perd promptement un plus grand nombre de

degrés dans les mêmes circonstances, remonte avec rapidité dès que les causes du refroidissement ont cessé.

6. Quelques auteurs qui ont écrit sur les eaux d'Aix, ont avancé que l'eau commune, portée au même degré de chaleur que les eaux thermales, se refroidit plus rapidement que celles-ci. L'un d'eux a même assuré que l'eau ordinaire portée à 80° R. perd 60° en deux heures, tandis que l'eau thermale n'en perd que 15 en douze heures. Il résulte des expériences que j'ai faites à ce sujet, en plaçant des thermomètres marchant ensemble, dans des vases de verre d'égale dimension, et où se trouvait de l'eau de soufre, de l'eau d'alun, de l'eau ordinaire et de l'eau distillée, toutes à la température de 45° cent., il résulte, dis-je, que l'eau ordinaire a exigé 118 minutes pour descendre de 45° à 25°; l'eau d'alun 127, l'eau de soufre 131, et l'eau distillée 135, toutes circonstances égales d'ailleurs. Pour résumer, le refroidissement de l'eau ordinaire portée au degré de chaleur des eaux thermales d'Aix, est un peu plus rapide que celui de ces dernières, et l'eau distillée est celle des quatre qui se refroidit le plus lentement. J'ai répété plusieurs fois ces expériences, et j'ai toujours obtenu des résultats identiques.

7. L'*acétate de plomb* produit sur-le-champ, dans l'eau de soufre prise à sa source, un précipité brun foncé, soluble en grande partie dans l'acide azotique avec effervescence et dégagement de gaz nitreux mêlé d'acide carbonique. Le même réactif ne produit sur l'eau concentrée qu'un précipité très-blanc. Propriétés chimiques.

8. L'*acide arsénieux* fait prendre à l'eau de

soufre une teinte jaune excessivement faible qui devient d'un jaune plus décidé par l'addition de quelques gouttes d'acide chlorhydrique. L'acide arsénieux ne produit aucun changement sur l'eau de soufre concentrée et bouillie, même avec addition d'acide chlorhydrique. La réaction de ce réactif semblerait indiquer ici la présence d'un sulfure; je ne tarderai pas à prouver (18-43) que l'eau de soufre ne contient que de l'acide sulfhydrique libre.

9. L'*acide azotique* en excès fait prendre une couleur grise qui disparaît par l'addition d'un peu de chlore. Cette coloration est sans doute due à la présence d'une petite quantité de matière organique tenue en dissolution dans l'eau. Nous verrons plus loin (51) que cette eau fournit une assez grande proportion de glairine dès qu'elle se trouve en contact avec l'air.

Les acides chlorydrique, sulfureux, sulfurique, phosphorique, acétique, oxalique, etc., n'altèrent pas la transparence de cette eau et ne peuvent reproduire le phénomène de coloration auquel l'acide azotique donne lieu.

10. L'*ammoniaque liquide* versée par goutte ne produit d'abord qu'un léger trouble.

Par le repos, la liqueur laisse déposer un précipité blanc floconneux peu abondant.

11. Si après avoir fait concentrer de l'eau de soufre et l'avoir acidulée par l'acide chlorhydrique pour prévenir la précipitation de la magnésie, on la sursature d'ammoniaque, on obtient alors un précipité blanc qui n'est plus floconneux, mais gélatineux, volumineux en apparence et qui subit un retrait considérable par la dessiccation. Ce précipité prend une belle couleur bleue si on le

chauffé au chalumeau après l'avoir imbibé d'une goutte de dissolution d'azotate de cobalt.

12. Une *lame d'argent* bien décapée et plongée à moitié dans un verre d'eau de soufre, se ternit en quelques minutes, et devient, au bout d'une demi-heure, d'un brun noir dans sa partie immergée. La portion de la lame qui est hors du liquide ne change pas, il n'y a que celle qui est la plus proche de la surface de celui-ci qui jaunit légèrement. Si au lieu de plonger la lame d'argent dans le liquide, on l'expose sous un jet de cette eau, le métal noircit alors en deux ou trois minutes.

13. L'*azotate d'argent* produit un précipité brun foncé que l'ammoniaque redissout en partie. La liqueur reste brune après l'addition de l'alcali et bientôt après elle laisse déposer du sulfure d'argent. Ce réactif ne produit sur la même eau concentrée et bouillie qu'un précipité blanc très-pur si on a soin d'opérer dans un flacon bouché et à l'abri de la lumière.

14. Le *carbonate de potasse* donne lieu à la formation d'un léger précipité blanc; s'il est ajouté en excès, il colore l'eau en gris comme l'acide azotique (9), et dans tous les cas le chlore la décolore complétement. La potasse et la soude caustiques produisent également ce phénomène de coloration sur l'eau de soufre.

15. L'*eau de chaux* versée par goutte produit un précipité blanc que l'agitation du liquide fait aussitôt disparaître, mais qui devient permanent par l'addition d'une plus grande quantité de réactif. La dissolution de cet alcali louchit encore sensiblement la même eau concentrée et bouillie.

16. Le *chlorure d'or* ne produit d'abord au-

cune réaction ; quelques heures après, l'eau finit par prendre une teinte brune très-sensible.

17. Le *chlorure de platine,* en dissolution alcoolique concentrée, ne trouble pas l'eau de soufre prise à sa source. Ce réactif n'a pu déceler de traces de potasse sur trois kilog. d'eau réduits à quatre onces par l'évaporation.

18. Du *mercure métallique*, mis dans un flacon bouché en verre et aux trois quarts plein d'eau de soufre, se trouve déjà terni au bout de quatre à cinq minutes; vingt minutes après il est très-sensiblement coloré et après quelques heures de contact il est presque noir. Le flacon dans lequel cette expérience fut faite ne fut débouché qu'après six jours, après quoi l'eau du flacon était complétement inodore, et l'acétate de plomb et l'azotate d'argent n'y produisaient que des précipités d'un blanc très-pur.

19. Une certaine quantité d'eau de soufre concentrée a été traitée par un excès d'oxalate d'ammoniaque pour en séparer la chaux, avec addition préalable de sel ammoniac pour prévenir la précipitation de la magnésie. La liqueur, séparée de l'oxalate calcaire par la filtration et traitée ensuite par le phosphate de soude ammoniacal, a fourni un précipité floconneux de phosphate ammoniacomagnésien.

20. Le *sulfate de cuivre* trouble légèrement l'eau de soufre. Si on ajoute un excès de ce sel, la liqueur louchit fortement et laisse déposer à la longue du sulfure de cuivre brun-noir.

21. Le *sulfate de protoxyde de fer* occasionne de suite une teinte noire, et un précipité noir ne tarde pas à se déposer.

22. L'on sait que le sulfate de fer est précipité par

les sulfures et non par l'acide sulfurique libre; mais il paraît qu'il l'est par ce même acide lorsque le liquide contient à la fois des carbonates terreux. M. Berthier pense que cela serait indubitable avec les sels de peroxyde, parce que le carbonate de chaux les décompose; il en est probablement de même des sels de protoxyde, quand il y a présence du gaz sulfhydrique.

23. Le *sulfhydrate d'ammoniaque* ne produit aucun changement sensible dans l'eau de soufre, après plusieurs jours de contact et en opérant dans un flacon bouché en verre. Mais si on expose le flacon dans un lieu chauffé à 25 ou 30° cent., deux ou trois jours suffisent pour donner lieu à la formation d'un léger précipité noir de sulfure de fer. Le même réactif, essayé sur de l'eau très-concentrée et à l'abri de l'air, y produit un léger précipité blanc d'alumine.

24. Le *papier de curcuma* et les *papiers bleu et rouge de tournesol* ne changent pas par le contact de l'eau de soufre.

25. Si l'on mélange du sirop de violette bien bleu avec de l'eau prise à sa source, la liqueur prend une teinte verte bien décidée, ce qui est dû à la présence des bi-carbonates terreux.

Source d'alun.

26. Cette eau, appelée encore *eau de la source Saint-Paul*, du nom d'une chapelle qu'on voyait jadis à peu de distance de ses réservoirs, a sans doute reçu des anciens le nom d'*eau d'alun*, parce qu'elle renferme du sulfate d'alumine, et que pendant longtemps ce sulfate simple a été désigné sous le nom d'*alun*. MM. Thouvenel et Bleton pensent que la source de soufre et celle

d'alun se bifurquent à une heure au-dessus d'Aix dans la commune de Pougny, au-dessus d'un champ où la neige ne séjourne presque jamais, et que ces deux sources ont la même origine. Les observations suivantes me donnent le droit de réfuter cette opinion : 1° à l'époque du fameux tremblement de terre de Lisbonne (1783), et lors de celui qui, en 1822, ébranla tout le sol de la Savoie, les eaux de soufre se troublèrent, se refroidirent considérablement, et charrièrent pendant plusieurs heures des flocons gélatineux blancs-bleuâtres et des matières organiques glaireuses d'un jaune rougeâtre. Les eaux d'alun, dans tous les cas, n'éprouvèrent aucun changement; 2° en 1816, après d'abondantes pluies, les eaux d'alun se refroidirent considérablement, la température de celles de soufre ne s'abaissa pas au-dessous de 25°. Si, à ces différences notoires que je viens de signaler entre les deux sources principales d'Aix, l'on ajoute que leur température n'est jamais la même et que, bien plus, elles diffèrent encore dans la nature et la quantité des principes qui les minéralisent, il ne sera guère possible d'admettre que leur origine est commune et qu'elles se bifurquent à un certain endroit au-dessus de la ville.

27. Les eaux d'alun arrivent dans des cavernes appelées Grottes Saint-Paul, situées à quatre minutes au-dessus d'Aix. Si l'on peut y pénétrer avec quelques précautions, ces excursions sont toujours très-pénibles en raison de la raréfaction de l'air dont la température va jusqu'à 45° cent. L'eau de ces grottes varie de 47° à 48° c. En 1822, on a vu le thermomètre cent. s'y élever jusqu'à 50°. Parmi les descentes que j'y ai faites, la plus re-

marquable est celle où, accompagné de MM. Despine père et fils, Louis Bonjean mon frère, docteur en médecine, et de deux guides, nous fîmes dans ces cavernes un séjour de 55 minutes. C'était le 17 septembre 1836. Nous avions eu soin de nous munir de tous les instruments nécessaires aux recherches que nous nous proposions de faire, tels que : thermomètres, flacons, lanternes, marteaux et ciseaux, etc., etc. Une augmentation considérable dans le pouls, la respiration difficile, la voix éteinte et précipitée et la tête lourde, tels sont les phénomènes qui se manifestent pendant ces excursions souterraines.

28. Dans une partie des souterrains appelée le Puits de la Grotte des Serpents, on trouve une grande quantité de sulfate de chaux très-blanc, quelquefois mou, que l'on a improprement appelé *sulfate acide de chaux*. Ce n'est que du sulfate calcique pur dont quelques morceaux seulement sont imprégnés d'un peu de sulfates de fer et d'alumine qui leur donnent une saveur acide et astringente. Ce sulfate de chaux est évidemment le produit de l'action des vapeurs sulfureuses sur le calcaire de la roche qui forme le massif de ces grottes.

29. Nous n'avons pu découvrir une parcelle de soufre aux voûtes supérieures du roc. L'on n'y sent aucune odeur de gaz sulfhydrique ; et si l'odorat paraît être insensible au dégagement de ce gaz, dont la présence ne saurait être mise en doute dans quelques parties de ces souterrains où le carbonate de chaux se sulfatise, et où du papier imprégné d'une dissolution d'acétate de plomb se noircit plus ou moins complétement, il faut en attribuer la cause à la raréfaction de l'air, à l'ex-

cessive température de ces lieux, aux vapeurs qui s'en dégagent sans cesse, et par-dessus tout à l'état de surexcitation dans lequel se trouve le corps, état occasionné par le concours des circonstances que je viens de citer.

30. La roche de ces cavernes se compose de:

Carbonate de magnésie. . .	0,014	1,000
Argile.	0,010	
Peroxyde de fer	0,015	
Carbonate de chaux. . . .	0,961	

31. Les eaux d'alun descendent de ces grottes pour se rendre dans le grand établissement par un aqueduc en plomb. Le trop plein se verse dans un réservoir dit Thermes-Berthollet, situé entre l'établissement royal et les grottes Saint-Paul.

Propriétés physiques et chimiques de l'eau d'alun.

32. L'eau d'alun est incolore, transparente, *insipide et inodore*. Sa température moyenne est de 45° c., et assez souvent de 46°; mais, comme l'eau de soufre, elle est sujette à perdre plus ou moins de sa chaleur après de longues pluies. Sa pesanteur spécifique est de 100,025.

33. Une *lame d'argent* bien décapée et plongée dans de l'eau d'alun ne perd pas son brillant métallique, quelle que soit la durée du contact du métal avec l'eau.

34. L'*acétate de plomb* et l'*azotate d'argent* y produisent des précipités très-blancs tout à fait exempts de sulfure, quelle que soit la quantité d'eau sur laquelle on opère.

35. L'*acide azotique* et les *alcalis* en grand excès ne la colorent pas comme celle de soufre (9, 14), parce que l'eau d'alun produit à peine quelques légers flocons de glairine.

36. Le *mercure* ne perd pas son brillant après plusieurs jours de contact avec de l'eau d'alun

prise au centre des grottes où elle arrive au réservoir ou à tout autre endroit de l'établissement.

37. L'*eau de chaux* y accuse de l'acide carbonique libre.

38. Le *sulfate de protoxyde de fer* produit à la longue un dépôt jaune de sulfate basique de sesqui-oxyde de fer sans trace noire de sulfure.

39. Après en avoir concentré deux litres jusqu'à réduction à quatre onces, le résidu filtré a été traité par une dissolution de sel ammoniac, puis par un excès d'ammoniaque caustique. La liqueur s'est fortement troublée et a laissé déposer au bout de quelques heures un précipité blanc gélatineux à qui la dessiccation fit éprouver un retrait considérable. Ce précipité traité au chalumeau avec de l'azotate de cobalt m'a convaincu, par la couleur bleue produite, qu'il était formé d'alumine pure.

40. L'*acide arsénieux* ne change pas la couleur de cette eau même en y ajoutant de l'acide chlorhydrique.

41. Pour avoir la dernière preuve que l'eau d'alun ne renfermait pas de principe sulfureux, en quantité du moins appréciable aux réactifs, j'en ai fait bouillir dans un grand ballon rempli au réservoir, et les gaz étaient reçus, à l'aide d'un tube recourbé, dans un flacon contenant une dissolution filtrée d'acétate de plomb dans l'eau distillée. Après une heure d'ébullition, la liqueur du récipient était fortement troublée, mais nullement colorée, et l'eau bouillie donnait également des précipités très-blancs avec les sels de plomb et d'argent.

42. Je ne passerai pas sous silence une anomalie singulière que nous offre l'eau d'alun, et qui a été remarquée pour la première fois en septem-

bre 1836 par M. Guibourt, pharmacien, professeur à l'école de pharmacie de Paris. Ce savant praticien parvint à jaunir complétement plusieurs pièces de cinq francs en les exposant sous un jet de cette eau provenant d'une douche locale placée à l'entrée des Thermes-Albertins. En répétant cette expérience le même jour, à la même heure et sur la même eau, mais prise dehors de l'établissement, c'est-à-dire aux Thermes-Berthollet et à la fontaine placée sur une place voisine de ceux-ci, M. Guibourt ne put parvenir à reproduire le même phénomène. Cependant l'eau d'alun qui alimente les Thermes-Berthollet et celle de la fontaine de la place, est bien plus proche de sa source que la même eau qui se rend dans l'établissement; et si de ce dernier endroit, cette eau jouit d'une propriété qu'elle ne possède plus ailleurs, là au contraire où elle devrait en jouir à un plus haut degré, on doit la regarder comme purement accidentelle. Tout nous porte à croire que cette sulfuration temporaire provient de quelques filets d'eau de soufre qui se mêleraient souterrainement et accidentellement à celle d'alun; et la preuve, c'est que non-seulement celle-ci ne présente pas partout la propriété de jaunir des pièces d'argent, mais encore qu'il n'est pas possible d'obtenir ce caractère à toutes les époques de l'année, et surtout lorsque l'eau de soufre est elle-même très-peu sulfureuse; ce dont je me suis assuré en répétant moi-même ces expériences un grand nombre de fois. Jamais je n'ai pu parvenir à colorer le moins du monde de l'argent bien décapé et exposé pendant près d'une heure sous un jet d'eau d'alun prise aux Thermes-Berthollet et à la fontaine de la place.

Je crois pouvoir conclure des faits précédents, que l'eau d'alun, de la classe des *eaux sulfureuses dégénérées*, ne renferme pas d'acide sulfhydrique libre ni combiné en quantité assez grande pour être perçue par l'action immédiate des réactifs propres à déceler la présence de ces sortes de corps. Nous verrons cependant que cette eau fournit à la longue des preuves irrécusables d'une faible portion de gaz sulfhydrique, mais ici le temps supplée à la quantité, il ne m'a jamais été possible d'en démontrer immédiatement l'existence.

Principes gazeux de l'eau de soufre.

43. De tous les principes gazeux renfermés dans l'eau de soufre, le principe sulfureux y joue le plus grand rôle; c'est donc la question la plus intéressante et pour le chimiste et pour le médecin. L'acide sulfhydrique y existe-t-il libre ou combiné? C'est ce que va décider l'expérience suivante, bien que l'action du mercure métallique nous ait déjà laissé entrevoir la solution de ce problème.

Un grand matras plein d'eau de soufre a été soumis à l'action d'une chaleur graduée; un tube recourbé, également plein de la même eau, conduisait le gaz dans un flacon ou se trouvait une dissolution filtrée d'acétate de plomb dans de l'eau distillée. Aucun phénomène remarquable ne s'est manifesté avant l'ébullition du liquide, époque à laquelle seulement la dissolution de plomb s'est fortement colorée en noir. L'ébullition a été soutenue pendant une demi-heure, le flacon récipient enlevé et l'eau qui distillait recueillie en partie. Celle-ci n'avait aucune odeur et s'est comportée avec tous les réactifs comme l'eau distillée

la plus pure. L'eau du matras était aussi sans odeur et ne fournissait que des précipités très-blancs par les sels de plomb et d'argent. Cette expérience a souvent été répétée dans chaque saison de l'année, et les résultats obtenus ont toujours été identiques. Ce qui me permet de conclure que le principe sulfureux de l'eau de soufre est dû tout entier à du gaz acide sulfhydrique libre sans sulfure.

44. C'est en soumettant à l'ébullition une certaine quantité d'eau de soufre dans un matras au col duquel était adapté un tube dont l'extrémité recourbée venait se rendre dans un flacon plein d'eau distillée et renversé sur une cuve hydropneumatique, et en traitant convenablement les gaz obtenus, que j'ai déterminé la nature des autres principes volatils contenus dans cette eau, lesquels se réduisent à de l'azote et de l'acide carbonique dans les proportions suivantes, par litre :

	Centim. cubes.		Grammes.	
Acide carbonique libre.	13,02	38,29	0,026	0,058
Azote.	25,27		0,032	

45. Telle est la nature et la quantité relative des gaz que l'on obtient en soumettant à l'ébullition l'eau de soufre au sortir de sa source. Mais si on l'expose préalablement à l'air pendant quelques heures, elle y absorbe de l'oxygène, perd une grande partie d'azote, beaucoup moins d'acide carbonique, et les gaz obtenus se trouvent formés, pour la même quantité d'eau, terme moyen de deux expériences, de :

	Centim. cubes.	
Azote.	6,595	15,720
Acide carbonique libre.	5,975	
Oxygène.	3,150	

L'eau de soufre exposée à l'air y perd complétement son principe sulfureux en quelques heures; sa transparence n'est pas troublée, et il ne se forme point à sa surface de croûte blanchâtre.

46. Je me suis assuré, par des expériences qui ne doivent rien laisser à désirer, que l'eau de soufre ne renferme ni acide sulfureux, ni acide chlorhydrique libres, ni carbonate ammoniacal. Quand elle n'est point altérée, elle ne renferme point d'oxygène. Dans toutes ces expériences, l'eau ne s'est jamais colorée avant ni après l'ébullition; phénomène qui a été observé sur diverses eaux minérales soumises, en vase clos, à l'action de la chaleur.

47. Le long d'un conduit qui amène l'eau de soufre du pied de la montagne où elle sourd, jusqu'à son entrée dans le réservoir, on voit toujours s'échapper de la surface de l'eau des bulles de gaz plus ou moins grosses, de sorte qu'elle paraît être dans un bouillonnement continuel. Le gaz a toujours une légère odeur sulfureuse provenant d'une petite portion d'acide sulfhydrique qui se trouve mécaniquement entraînée dans le flacon par l'ascension des autres gaz. Du reste, cent parties de ce gaz se trouvent composées, terme moyen de quatre expériences faites chacune sur 23 centimètres cubes, de :

Azote.	93,48	100,00
Acide carbonique. . . .	6,52	

Il est à remarquer que si on analyse ce gaz après son parfait refroidissement (car il est chaud quand il vient d'être recueilli), on n'y retrouve plus que de l'azote pur. L'acide carbonique se dissout sans doute dans l'eau sur laquelle a sé-

journé le gaz; dissolution à laquelle la pression atmosphérique n'est pas indifférente.

48. Il n'est pas rare de voir les sources thermales d'Aix, altérées par des eaux étrangères, à la suite de longues pluies ou après la fonte des neiges, ce dont on s'aperçoit d'abord à leur abaissement de température et à la diminution plus ou moins grande du principe sulfureux. Celle de soufre le perdit presque complétement en novembre 1836. A cette époque elle était tout à fait inodore, et les sels de plomb et d'argent n'y occasionnaient que des précipités très-blancs. Une lame d'argent ne put être ternie après un contact prolongé pendant seize heures, tandis que peu d'instants suffisent pour la noircir quand elle est dans son état naturel. Trois jours après elle était revenue à son état primitif. Dans cet état de mélange l'eau de soufre renferme de l'oxygène, et la quantité d'acide carbonique augmente pour se réduire à son volume primitif à mesure que l'eau revient à son premier état.

Cent parties de gaz obtenu par l'ébullition de l'eau ainsi altérée, renferment, terme moyen de deux expériences :

Azote.	43,300	
Acide carbonique libre.	50,605	100,000
Oxygène.	6,095	

49. Le procédé dont je me suis servi pour doser le principe sulfureux, consiste à précipiter l'eau de soufre par l'azotate d'argent, et à laver le précipité par l'ammoniaque. Comme cette eau présente des variations dans la quantité d'acide sulfhydrique qui la minéralise, selon la saison pendant laquelle on opère, pour avoir des données exactes à ce sujet, j'ai dû la déterminer à

différentes époques, afin d'obtenir des résultats qui puissent satisfaire tout le monde. Voici ceux auxquels je suis parvenu, et la date des expériences :

Expériences.		Sulfure d'argent.	Soufre.	Acide sulfhydrique.	
		gr.	gr.	gr.	cent. cub.
1re	1er septembre 1836.	3,019	0,3911	0,4153	271,42
1re *bis*.	2 septembre 1837.	3,010	0,3899	0,4140	270,57
2e	26 février 1837. . .	2,520	0,3264	0,3466	226,52
3e	21 avril 1837. . . .	2,370	0,3070	0,3260	213,06
3e *bis*.	28 avril 1838. . . .	2,430	0,3147	0,3342	218,42
4e	23 juin 1837. . . .	3,070	0,3964	0,4209	275,08
5e	28 juillet 1837. . .	2,940	0,3808	0,4044	264,30
6e	18 janvier 1838. . .	2,240	0,2901	0,3080	201,29
Moyenne pour l'année. .		0,2688	0,0348	0,0372	243,00
Idem pour l'été. . .		0,3010	0,0389	0,0414	270,57
Idem pour l'hiver. .		0,2370	0,0307	0,0331	216,00

Ces résultats nous apprennent que l'eau de soufre est plus sulfureuse en été qu'en hiver; nous voyons de plus que les diverses expériences faites dans une même saison, et répétées à la même époque l'année suivante, fournissent des quantités de soufre à peu près égales.

Principes gazeux de l'eau d'alun.

50. Comme les eaux d'alun ne présentent aucun caractère sulfureux à leur point d'émergence, et qu'étant amenées par des tuyaux de plomb dans le grand établissement, elles ne fournissent pas

ces bulles de gaz que l'on observe en dégagement à la source de soufre, le long du conduit horizontal d'où cette eau sort tranquillement, leurs principes volatils se réduisent à ceux qu'elles produisent par l'ébullition; c'est-à-dire à du gaz azote, de l'acide carbonique et de l'oxygène, dans les proportions suivantes pour mille grammes d'eau :

Azote.	6,32	14,35
Acide carbonique libre.	6,74	
Oxygène.	1,29	

L'eau d'alun, exposée à l'air quelques heures avant d'être soumise à l'ébullition, y perd de l'azote et de l'acide carbonique, pour absorber de l'oxygène. Nous avons vu, au contraire, qu'en pareille circonstance l'eau de soufre absorbe un peu d'acide carbonique au lieu d'en laisser dégager. Voici la composition de 16,41 centimètres cubes de gaz obtenu par ébullition sur mille grammes d'eau préalablement exposée à l'air :

Azote.	6,10	16,41
Acide carbonique libre.	6,33	
Oxygène.	3,98	

Divers phénomènes produits par les eaux de soufre et d'alun.

Glairine. 51. Anglada ayant rencontré du sous-carbonate de soude dans toutes les eaux sulfureuses soumises à ses recherches, c'est à cet alcali, et non à la glairine, qu'il attribuait l'onctuosité de ces eaux, jusqu'à ce que, dit-il, on ait trouvé une eau tenant de la glairine, mais privée de sous-carbonate de soude. L'eau de soufre ne contient pas ce dernier corps; elle entraîne avec elle et

fournit de la glairine en dissolution et en flocons, d'où je conclus que c'est à cette matière végéto-animale que les eaux sulfureuses doivent d'être onctueuses et douces au toucher, attendu qu'on ne retrouve, dans les principes qui les constituent, aucune substance à qui l'on puisse attribuer cette propriété.

Selon M. Duby, la glairine produite par l'eau de soufre est *une singulière substance, semblable à des fragments d'une plante extrêmement ténue, à tissu extraordinairement fin et serré, onduleux, se repliant sur lui-même; insoluble dans l'eau, et ayant l'apparence d'un détritus animal.*

A mesure que l'eau de soufre arrive dans les douches, l'action de l'air y détermine, au bout de quelques jours, une plus ou moins grande quantité de glairine, et il s'en forme d'autant plus que l'eau a été moins renouvelée, qu'elle est plus sulfureuse et que les pluies n'en ont point altéré la pureté. Dans le premier cas, c'est-à-dire quand l'eau est souvent renouvelée, il ne s'en forme point; dans le second cas, quand l'eau sulfureuse est mélangée aux eaux pluviales, il s'en forme une d'une nature bien différente, que j'ai appelée *glairidine*.

La glairine pure est blanche et translucide. Le contact des corps, celui des pierres, par exemple, où elle se dépose, la rend d'un gris noir. Sa saveur est fade et douceâtre. Elle n'a pas d'odeur sensible tant qu'elle est dans l'eau; mais, hors de ce liquide, elle en acquiert peu à peu une des plus repoussantes, que l'on peut, jusqu'à un certain point, modifier en la tenant dans un flacon bouché; dans ce cas, elle se colore en gris plus ou moins foncé. Une longue exposition à l'air

est insuffisante pour la dessécher ; elle retient avec opiniâtreté une grande quantité d'eau dont on ne la prive entièrement qu'en la soumettant dans une étuve chauffée à 40° environ. Ainsi desséchée, elle est inodore, d'un aspect corné, et se réduit à un dixième de son poids. On peut lui faire reprendre à peu près son volume primitif et la rendre de nouveau mucilagineuse en la mettant pendant quelques jours en contact avec de l'eau, mais elle n'acquiert plus d'odeur. Projetée sur des charbons ardents, elle répand une odeur de corne brûlée, mais point d'odeur sensible d'acide sulfureux ; cependant, au moyen de l'éther, on parvient à en séparer une petite quantité de soufre à l'état de pureté. L'eau, l'alcool, l'essence de térébenthine et la dissolution de chlore en dissolvent une petite portion à froid et un peu plus à chaud, de même que les acides énergiques. Les acides azotique et chlorhydrique concentrés, le brôme et le chlore liquide lui rendent sa blancheur naturelle lorsqu'elle est devenue grise après sa sortie de l'eau. Séparée ensuite de ces acides et lavée, elle ne se colore plus à l'air. L'acide chlorhydrique prend une couleur jaune occasionnée par un peu de fer que la glairine retient en combinaison. Les autres acides ne la décolorent pas, et les alcalis la précipitent de ses dissolutions acides en flocons blancs bleuâtres. Loin de la décolorer, l'acide sulfurique concentré lui fait prendre une couleur lie de vin qui s'affaiblit beaucoup si on se sert d'acide étendu. A froid, les alcalis caustiques n'ont aucune action sur elle; à l'aide de la chaleur, ils lui font prendre une couleur verte qui disparaît sur-le-champ par le contact d'un acide.

Quand on la retire de l'eau et qu'on la fait égoutter sur un filtre, l'eau qui passe à travers celui-ci laisse déposer, au bout de trois à quatre jours, des paillettes d'un violet superbe, fortement irisées. Nous reviendrons sur ce nouveau corps que j'ai appelé *zoïodine*. L'eau filtrée a un reflet bleuâtre, conserve une assez forte odeur de matière animale, et tient en dissolution une petite portion de glairine.

La glairine, chauffée fortement dans un creuset de platine, n'entre pas en fusion; elle retient l'eau avec tant d'avidité, qu'elle se charbonne avant d'en être entièrement privée. Son incinération est difficile, et sa calcination donne lieu à un dégagement de vapeurs d'une odeur de corne brûlée. Si on la soumet à une ébullition prolongée, elle perd la majeure partie de son odeur, qu'elle communique en grande partie à la dissolution filtrée. Cette dissolution est jaunâtre, d'une saveur douceâtre sans être mucilagineuse, et ne se coagule pas par le refroidissement.

Soumise à la distillation sèche dans une cornue de verre, la glairine se boursoufle d'abord, répand bientôt après une odeur forte de matière animale, et donne tous les produits formés par les substances organiques peu azotées. Le résidu de la distillation est un charbon noir, friable, très-léger, donnant 0,75 de cendres composées de silice, de carbonate de chaux et de peroxyde de fer. Je me suis assuré par des expériences positives que la glairine ne renferme point d'iode.

52. J'appelle ainsi l'espèce de glairine qui se forme dans l'eau de soufre à l'époque où celle-ci se trouve altérée par les eaux pluviales. Ces deux productions offrent une nature très-différente, et Glairidine

leurs propriétés sont loin d'être identiques. Ainsi, la glairidine est toujours d'un gris foncé, et la glairine est blanche quand elle est pure. La glairidine est sans odeur, qu'elle soit dans l'eau ou hors de ce liquide, et l'action de l'air ne fonce pas sa couleur; elle acquiert au contraire une odeur des plus infectes, si on la tient dans un flacon bouché qui en soit rempli. Dans cet état, si on l'expose à l'air, elle y perd toute son odeur, s'y dessèche complétement, et se réduit seulement aux deux tiers de son poids. Nous avons vu que la glairine retient l'eau avec la plus grande opiniâtreté. La glairidine n'est décolorée par aucun acide, ni par le chlore. Comme la glairine, elle se dissout en petite proportion dans l'eau, l'alcool, etc., mais les alcalis caustiques ne la verdissent ni à froid ni à chaud. Elle fournit aussi des traces de zoïodine, et donne, à la distillation sèche, les mêmes produits que la glairine; elle paraît être un peu plus azotée. Enfin, parmi les différences notables qui distinguent ces deux corps, la plus remarquable consiste dans la présence très-sensible d'un iodure que j'ai constaté dans la glairidine, tandis que la glairine n'en renferme pas.

Zoïodine. 53. Quand l'eau de soufre est très-pure, c'est-à-dire très-sulfureuse, la glairine qu'elle produit est d'une blancheur parfaite. Si, dans cet état, on en recueille une certaine quantité sur un grand filtre, et que l'eau filtrée soit abandonnée au repos pendant trois ou quatre jours, il se dépose au fond du vase des paillettes irisées d'un beau violet. J'ai donné à ce nouveau corps le nom de zoïodine, pour rappeler sa nature azotée et sa couleur violette. La petite quantité que j'ai pu m'en procurer jusqu'ici m'a empêché de rendre son

histoire aussi complète que possible; je vais toutefois signaler les principales propriétés de ce singulier produit.

La zoïodine est sous forme de paillettes fortement frisées et d'une belle couleur violette. Elle est sans odeur et sans saveur. L'eau n'en dissout point; l'air et la lumière sont sans action sur elle. Les acides azotique et chlorhydrique concentrés et même étendus la colorent en rouge jaunâtre, et l'acide sulfurique lui fait prendre une belle couleur rouge de sang. Les acides oxalique et phosphorique la rougissent aussi, mais fort peu, tandis qu'elle n'éprouve rien de la part des acides acétique et arsénique. Le chlore ne l'altère pas. Les alcalis la colorent en brun, et les acides énergiques ramènent cette couleur au rouge. Elle n'est pas volatile, et, dans sa décomposition par le feu, elle répand une odeur de corne brûlée accompagnée de vapeurs ammoniacales très-sensibles. Enfin sa calcination donne lieu à un résidu charbonneux inattaquable par les acides.

Efflorescence saline de la grotte d'eau de soufre.

54. Entre autres phénomènes assez remarquables produits par les sources thermales d'Aix en Savoie, on peut citer un produit salin qui se forme dans l'intérieur de la grotte d'eau de soufre, un peu au-dessus du niveau de l'eau, sur une surface assez grande d'une demi-ligne à deux pouces d'épaisseur. Il se présente en petites masses poreuses formées d'aiguilles blanches juxtaposées, molles et flexibles comme de l'amiante, et ayant leur surface parsemée d'une substance jaunâtre que plusieurs auteurs avaient prise jusqu'ici pour du soufre dont il ne renferme pas un atome. Le contact de l'air altère sa surface, qui devient peu à peu couleur de rouille; tandis que la partie inté-

rieure conserve sa blancheur. En le tenant dans un flacon bouché, on peut le conserver jaune indéfiniment. Chauffé dans un creuset de platine, il fond dans son eau de cristallisation, se boursoufle, se dessèche en augmentant beaucoup de volume, et laisse une masse spongieuse d'un blanc grisâtre semblable à de l'alun calciné. En poussant la chaleur jusqu'au blanc, il en résulte un dégagement d'acide sulfureux et d'acide sulfurique, et un résidu terreux d'un jaune rouge. Sa saveur est acide et très-astringente, et il se dissout complétement dans l'eau. L'analyse l'a trouvé formé de :

Sulfate d'alumine neutre. .	0,383	1,000	1 atome.
Id. de magnésie. . . .	0,117		1 *id.*
Id. de protoxyde de fer.	0,085		
Eau de cristallisation. . . .	0,465		24 *id.*

On voit que ce sel triple est un véritable alun dans lequel le sulfate de potasse est remplacé par du sulfate de magnésie et du sulfate de fer qui, étant isomorphes, peuvent tous deux servir à jouer le rôle de sulfate de potasse.

55. La roche calcaire dont se compose la grotte d'eau de soufre, et sur laquelle se forme ce sel triple, contient elle-même :

Carbonate de chaux. . . .	0,48	1,00
Id. de magnésie. .	0,08	
Argile.	0,08	
Pyrites de fer.	0,43	

Cette composition démontre que ce sulfate triple doit en partie sa formation à la réaction des pyrites en efflorescence sur la roche calcaire qui sert de gangue à celles-ci. Et comme le gaz sulfhydrique, qui se dégage de l'eau à l'état de vapeurs, se transforme tout entier en acide sulfuri-

que, ainsi que je le prouverai bientôt, il faut admettre que cet acide doit beaucoup contribuer à la production de ce sel.

56. Une grande partie de la roche qui forme la grotte de l'eau de soufre se trouve transformée en sulfate à sa surface extérieure, et cette sulfatisation, dont l'épaisseur varie d'une ligne à deux ou trois pouces, est due à l'action incessante des vapeurs sulfureuses sur le calcaire dont elle se compose. Ce sulfate de chaux est ordinairement blanc; quelques parties seulement sont colorées en gris par la présence d'une matière organique. Comme dans le fond de la grotte il s'en trouve des fragments qui sont un peu acides, on lui avait improprement donné le nom de sulfate acide de chaux. L'analyse m'a prouvé que cette acidité était due, non pas à de l'acide sulfurique libre, mais à une petite quantité de sulfates neutres de fer et d'alumine dont ces morceaux se trouvent imprégnés. Pour preuve de cette assertion, j'ajouterai que cette acidité est toujours suivie d'astringence, et que les morceaux de sulfate de chaux qui ne sont point acides n'ont pu fournir à l'analyse aucune trace de fer ni d'alumine.

Si l'eau d'alun donne aussi lieu à la formation de quelques phénomènes, ils ne sont point aussi importants que ceux qui nous sont offerts par l'eau de soufre. Parmi ceux que fournit la première de ces eaux thermales, trois seulement fixeront notre attention.

57. Ce produit se rencontre sur les parements nus, et principalement sur les joints des briques dont on a construit cette nouvelle partie de l'établissement royal, à laquelle S. M. le roi de Sar- Efflorescence saline des Thermes-Albertins.

daigné, Charles-Albert, a daigné donner son nom. Il est sous la forme de filaments soyeux, d'un blanc de neige, et ressemblant à une écume légère. Il est sans odeur, il a une saveur chaude, franchement salée sans être piquante. Il fait une légère effervescence avec les acides, et se dissout complétement dans l'eau distillée. La dissolution évaporée convenablement laisse déposer, par le refroidissement, des cristaux aiguillés qui ne tardent pas à s'effleurir, et dont la saveur est salée; l'eau-mère est au contraire très-alcaline. Je l'ai trouvé formé de :

Sulfate de soude.	0,434	1,000
Carbonate de soude.	0,120	
Eau de cristallisation. . . .	0,446	

Les recherches les plus minutieuses n'ont pu y découvrir une trace d'azotate.

Le ciment employé à la jonction de ces briques contient beaucoup de carbonate de chaux, de silice et d'alumine, et un peu de chlorure de sodium, de carbonate de magnésie, de sulfate de chaux et d'oxyde de fer. Or ces différents sels, par leur décomposition réciproque, peuvent bien donner naissance au sulfate et au carbonate de soude en efflorescences, ce que notre illustre compatriote Berthollet avait déjà observé. La brique elle-même se compose de beaucoup de silice et de fer, et d'une petite quantité de carbonate calcaire. Elle ne contient ni chlorure de sodium, ni sulfate de chaux.

Boues d'alun.

58. Le grand établissement renferme un étage supérieur où passent deux tuyaux qui partent du canal de la source d'alun, et versent une portion de cette eau dans un bain doublé de plomb, pour servir de douche ascendante. C'est au fond de ce

bain que se dépose une grande quantité d'une boue épaisse que l'on emploie avec succès en topique dans les rétractions tendineuses et les plaies cancéreuses. Cette boue minérale ne se retrouve nulle autre part; elle ressemble à une gelée peu homogène; elle est d'un brun rougeâtre à sa surface, et d'un vert noirâtre en dessous. Elle a une forte odeur de fucus qu'elle perd entièrement par la dessiccation. Elle répand en brûlant une odeur de corne brûlée, et fournit des traces d'ammoniaque sans odeur sensible d'acide sulfureux. Les acides et le chlore ne la décolorent pas, et les alcalis caustiques ne changent sa couleur ni à froid ni à chaud. L'acide azotique est rapidement décomposé par elle, même à froid, en donnant lieu à un dégagement de vapeurs rutilantes. L'éther n'en dissout point, il n'en sépare point de soufre et laisse, par son évaporation, un très-petit résidu jaunâtre un peu amer. L'alcool et l'eau chaude en dissolvent une petite portion; la dissolution aqueuse se coagule par la concentration à l'aide de la chaleur, et finit par laisser un léger résidu brunâtre d'une saveur amère. Enfin cette boue renferme de l'oxyde de fer, et une assez forte proportion de carbonate calcique.

Comme on le voit, cette substance organique diffère essentiellement de la glairine, mais elle se rapproche de la glairidine sous plusieurs rapports, et entre autres en ce qu'elle renferme, comme cette dernière, une combinaison d'iode, en quantité bien plus sensible.

Dépôt organique des cavernes Saint-Paul.

59. Ce dépôt se rencontre au centre des grottes où vient sourdre l'eau d'alun. C'est un mélange de petits cailloux, de boue, de débris organiques et de soufre; mais il n'a aucun rapport avec la glairine.

Selon M. Duby, *c'est un mélange de substances inorganiques, de poussière, de cristaux amorphes, et d'un tissu araneux d'une finesse et d'une ténuité extrêmes, très-adhérent, et qui n'offre aucune trace d'infusoires ni de végétations cryptogamiques.*

Son odeur est celle des matières animales en putréfaction, et rappelle aussi celle des fucus; et cependant il ne renferme point d'iode. Il contient le cinquième de son poids de soufre, et c'est là un point important qui nous explique comment l'eau d'alun arrive dans l'établissement, aux thermes Berthollet et ailleurs, privée de son principe sulfureux. En effet, la présence de ce dépôt de soufre dans ces souterrains démontre à l'évidence que cette eau est sulfureuse dans son origine, où l'on ne peut pénétrer, et qu'elle se désulfurise entièrement pendant le trajet qu'elle parcourt pour arriver dans les cavernes. L'eau d'alun rentre donc dans la classe des eaux sulfureuses dégénérées.

Ce dépôt, outre des substances organiques et une grande quantité de soufre pur, contient du carbonate de chaux, de l'oxyde de fer, des sulfates de magnésie, de fer, d'alumine et de chaux.

Procédés d'analyse des divers principes constituants fixes des eaux de soufre et d'alun.

60. Je me bornerai à décrire ici les procédés à l'aide desquels je suis parvenu à découvrir quelques éléments très-rares, tels que le fluor, l'iode, etc., qui entrent dans la composition des sources thermales d'Aix en Savoie; j'énoncerai ensuite rapidement la méthode dont j'ai fait usage pour apprécier la quantité des divers corps qui les constituent.

Si après avoir fait concentrer une certaine quantité d'eau de soufre, on traite par l'acide chlorhydrique étendu le dépôt de la concentration, et qu'on sursature ensuite d'ammoniaque la dissolution filtrée et renfermée dans un flacon usé à l'émeril, on obtient un précipité blanc qui contient du fluorure de calcium et du phosphate de chaux. Eau de soufre.

Pour reconnaître l'acide fluorique, j'ai calciné ce précipité dans un creuset de platine, et après avoir versé sur le résidu de l'acide sulfurique concentré, le creuset a été immédiatement recouvert d'une plaque de verre enduite de cire, sur laquelle avaient été tracées des lettres avec un fil de laiton bien obtus. Vingt-quatre heures après, le verre, dépouillé de la cire qui le recouvrait, se trouvait très-sensiblement attaqué; il était facile, surtout en passant l'haleine dessus, de lire les caractères que j'y avais tracés.

61. Après avoir constaté la présence de la chaux dans le résidu acide, d'où le fluor venait de se dégager, tout le sulfate de chaux formé a été dissous à l'aide de l'eau bouillante. La dissolution filtrée, puis sursaturée d'ammoniaque, a donné lieu, au bout de quelques heures, à un léger précipité blanc, dans lequel j'ai recherché l'acide phosphorique, d'après la méthode de MM. Thenard et Vauquelin. A cet effet, ce précipité bien desséché a été introduit avec un peu de potassium au fond d'un petit tube de verre soudé à l'une de ses extrémités, et le tout a été chauffé graduellement jusqu'au rouge pour convertir l'acide phosphorique réduit en phosphure de potassium. Après avoir enlevé l'excès de potassium avec un peu de mercure que j'ai fait écouler ensuite, je

me suis servi d'un tuyau délié pour humecter, avec l'air expiré, la masse qui restait dans le tube, à la sortie duquel elle exhalait une odeur très-sensible de gaz phosphure d'hydrogène.

62. Selon M. Henry Rose, le phosphate d'alumine et l'oxyde de fer accompagnent quelquefois le phosphate et le fluate de chaux, lorsque ceux-ci ont été constatés dans le dépôt de la concentration d'une eau minérale. Je me suis donc procuré une nouvelle quantité de ce dépôt, et après l'avoir privé du fer qu'il contenait, je l'ai fait rougir au chalumeau, puis humecté avec une dissolution d'azotate de cobalt bien pur. En chauffant de nouveau, j'ai obtenu une belle couleur bleue. Ce dépôt contient donc des phosphates de chaux et d'alumine et du fluorure de calcium; il renferme en outre des carbonates de chaux et de magnésie, et de l'oxyde de fer.

63. L'iode ayant été tour à tour soupçonné et nié dans les eaux d'Aix, j'ai dû mettre tous mes soins à constater la présence de ce corps qui joue un si grand rôle dans la thérapeutique des eaux minérales. Pour cela, dix kilogrammes d'eau de soufre ont été réduits à siccité par l'évaporation. Le résidu, traité par un excès d'acide acétique étendu pour détruire les carbonates, puis évaporé de nouveau à siccité, a été pulvérisé et introduit dans un flacon à large ouverture d'une capacité de cinq ou six fois celle du volume de la poudre employée. J'ai versé dans le flacon de l'acide sulfurique étendu, et immédiatement après, j'y ai adapté le bouchon de verre à la surface intérieure duquel du papier d'amidon avait été collé. Au bout de quelques heures, on distinguait sur le papier réactif plusieurs taches violacées, parsemées

de quelques petits points d'un beau bleu. Trois expériences de ce genre, répétées chacune sur une égale quantité d'eau, m'ont offert les mêmes résultats. J'ajouterai en outre que ces opérations ont été faites avec de l'eau recueillie à trois époques différentes de l'année.

64. En traitant par l'acide chlorhydrique le dépôt de la concentration de l'eau de soufre, évaporant cette dissolution à siccité, traitant le résidu par l'acide azotique, évaporant de nouveau jusqu'à siccité, et traitant ce dernier résidu par de l'alcool à 40 degrés, après l'avoir introduit dans un flacon susceptible d'être bouché, on obtient un léger résidu très-blanc qui ne tombe point en déliquescence, et qui communique à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme jaunâtre d'abord, mais finissant par devenir d'un beau rouge pourpre. L'identité des résultats obtenus de plusieurs expériences de ce genre suffit-elle ici pour convaincre de la présence de la strontiane sans qu'il puisse rester quelque doute à ce sujet? Je crois pouvoir répondre affirmativement. Il n'y a d'ailleurs que les sels de chaux qui, dans certaines circonstances, peuvent communiquer à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme jaune qui peut aller jusqu'au rouge; mais dans mes expériences le pourpre de la flamme était toujours très-évident, ce qui, joint à la non déliquescence du résidu insoluble dans l'alcool, me donne le droit d'inférer que je n'avais point affaire à un sel calcaire.

65. Si l'on soumet pendant une heure et plus à l'ébullition une certaine quantité d'eau de soufre, et qu'on l'évapore à siccité après l'avoir filtrée, on obtient un résidu dans lequel il est facile de

constater encore la présence du fer. Or cette eau renferme, outre le carbonate de fer, des sulfates de ce métal.

66. Malgré de minutieuses recherches, je n'ai pu découvrir dans les eaux minérales d'Aix de traces d'azotates, de brôme, de lithine et de manganèse.

67. Je me suis convaincu par des essais préliminaires que l'eau de soufre renfermait des sulfates d'alumine, de magnésie, de chaux et de soude; des chlorures de magnésium et de sodium; des carbonates de chaux, de magnésie et de fer; de la silice, du fluorure de calcium, des phosphates de chaux et d'alumine, de la strontiane, un iodure alcalin, de la glairine et du sulfate de fer. Voici en peu de mots l'exposé du traitement que j'ai suivi pour déterminer la quantité de chacun de ces corps. Il faut en excepter les quatre derniers, dont je me suis contenté d'attester la présence.

10 kilogrammes d'eau de soufre évaporée jusqu'à siccité ont fourni 4gr.,280 de matières fixes bien sèches. Le résidu a été bouilli avec de l'eau distillée un peu alcoolisée, afin de séparer les matières solubles de celles qui ne l'étaient pas.

Matières fixes solubles dans l'eau.

68. La dissolution ci-dessus ne renfermait d'autres acides que les acides chlorhydrique et sulfurique. Il a été facile d'en séparer ce dernier en versant dans la dissolution rendue légèrement acide un petit excès de chlorure de barium. Le précipité, recueilli sur un filtre, pesé, a été lavé, séché, puis rougi avec son filtre dans un creuset de platine. Le sulfate de baryte ainsi obtenu pesait

$3^{gr.}$, 47535, ce qui donne $1^{gr.}$,187 d'acide libre.

69. La liqueur séparée du sulfate de baryte par filtration a été traitée par un excès d'azotate d'argent, et le flacon mis à l'abri de la lumière jusqu'à l'entière précipitation du chlorure. Le précipité recueilli a été lavé avec de l'eau acidulée au moyen de l'acide chlorhydrique, puis fondu dans un creuset de porcelaine, après avoir été débarrassé de son filtre qui fut inciné à part. J'ai obtenu de cette expérience $8^{gr.}$,709 de chlorure d'argent qui équivalent à $0^{gr.}$, 175 de chlore.

Pour confirmer la justesse des résultats fournis par les deux expériences précédentes, l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique ont été directement précipités de l'eau minérale, en opérant sur $1500^{gr.}$ pour chacun d'eux, et dans tous les cas la différence de poids des deux chlorures et des deux sulfates ne roulait que sur de très-petites fractions.

70. Les seules bases qui saturent ici les acides sulfurique et chlorhydrique, pour les sels solubles du moins, sont la soude, l'alumine et la magnésie. Je me suis procuré une nouvelle quantité de résidu salin qui a été traité comme ci-devant par l'eau pure alcoolisée (67) bouillante, et après avoir ajouté du sel ammoniac à cette dissolution, l'alumine en a été précipitée par un léger excès d'ammoniaque. L'alumine ainsi obtenue pouvait ne pas être pure; aussi l'ai-je précipitée de nouveau par un sulfhydrate neutre, après l'avoir transformée en alun. Ce dernier précipité lavé, séché et calciné dans un creuset de platine, a fourni $0^{gr.}$,166 d'alumine pure.

71. La liqueur, séparée par la filtration de l'alumine qui en avait été précipitée par l'ammoniaque, a été traitée par l'oxalate d'ammoniaque afin de sé-

parer une petite quantité de carbonate de chaux que renferme toujours la dissolution des sels solubles. La liqueur filtrée de nouveau a ensuite été traitée par le phosphate de soude ammoniacal pour obtenir la magnésie, et le précipité lavé et calciné pour volatiliser l'ammoniaque a produit 0gr.,480 de phosphate de magnésie, qui représentent exactement 0gr.,192 de magnésie combinée à l'état de sulfate et de chlorure.

72. Pour connaître la quantité de magnésie combinée à l'acide sulfurique, et celle qui se trouvait à l'état de chlorure, j'ai traité par de l'alcool bien déflegmé le résidu de l'évaporation de la dissolution de 10 kilogrammes d'eau préalablement privée de l'alumine (70). J'ai ainsi séparé le chlorure de magnésium du sulfate de magnésie; après quoi cette base a été séparément précipitée de ses deux combinaisons par le phosphate de soude ammoniacal. J'ai trouvé de cette manière :

Magnésie pure combinée à l'acide sulfurique.		0,120	0,192
Id.	*id* chlorhydrique.	0,072	

73. La soude a été déterminée par différence, d'après l'excédant des acides sulfurique et chlorhydrique après la saturation complète de l'alumine et de la magnésie. L'on trouve ainsi : 0,4577 de soude dont 0,4207 à l'état de sulfate, et 0,0370 à l'état de chlorure.

Matières fixes insolubles dans l'eau.

74. Ces substances se composent de carbonates de chaux, de magnésie et de fer; de sulfate de chaux, de silice, de fluorure de calcium et de phosphates de chaux et d'alumine. Ce résidu insoluble a été traité par un excès d'acide chlorhy-

drique étendu pour dissoudre les carbonates de chaux et de magnésie et l'oxyde de fer. Le sulfate de chaux et la silice ont été recueillis sur un filtre et lavés.

75. La dissolution acide, bouillie avec un peu d'acide azotique pour peroxyder le fer, a été sursaturée d'ammoniaque qui en a précipité ce métal à l'état de peroxyde. Mais ici le fer ne se précipite pas seul, l'ammoniaque précipite en outre le fluorure de calcium et les phosphates de chaux et d'alumine qui se trouvaient dans la dissolution acide. Ce précipité complexe pesait 0,085. Pour en isoler le fer à l'état de pureté, je l'ai redissout dans l'acide chlorhydrique, et la dissolution acide a été portée à l'ébullition après avoir été saturée à point avec du carbonate ammoniacal. De cette matière, le peroxyde de fer s'est précipité seul, tandis que le fluorure et les phosphates sont restés dissous. Après ce traitement, le fer ne pesait plus que 0,06007. Le poids des phosphates et du fluorure est donc de 0,02493. 0,06007 de peroxyde de fer correspondent à 0,08867 de carbonate de protoxyde.

76. La liqueur ammoniacale privée du fer, du fluorure et des phosphates ne doit plus contenir que les chlorures de calcium et de magnésium. Cependant elle peut renfermer encore une petite portion de sulfate de chaux dont on la débarrasse en l'évaporant à siccité et reprenant le résidu par de l'alcool affaibli qui ne touche pas au sulfate, lequel est ensuite réuni à celui qui a été séparé précédemment avec la silice (74).

77. Après avoir versé une dissolution de sel ammoniac dans la solution alcoolique, la chaux en a été précipitée par un excès d'oxalate d'ammonia-

que. Cet oxalate calcaire obtenu, joint à la petite quantité de celui des sels solubles (71), a été calciné dans un creuset de platine et converti en carbonate dont le poids net était de 1gr.,485.

78. Enfin la dissolution privée de la chaux a été mêlée avec du phosphate de soude ammoniacal, pour précipiter la totalité de la magnésie existant dans l'eau à l'état de carbonate. Cette expérience m'a fourni 0gr.,312 de phosphate de magnésie, soit 0,125 de magnésie pure, ou 0,2567 de carbonate.

79. Pour séparer le sulfate de chaux de la silice obtenue précédemment (74), je les ai fait bouillir avec un excès de carbonate de soude après y avoir ajouté le peu de sulfate calcaire fourni dans l'expérience (76). La liqueur filtrée et séparée de la silice a été traitée par l'acide sulfurique, puis évaporée jusqu'à siccité dans un creuset de platine avec les précautions convenables pour éviter toute projection au dehors. Après avoir soutenu la calcination au rouge jusqu'à ce que tout excès d'acide ait été chassé, j'ai obtenu 0gr.,160 de sulfate de chaux pur.

80. La silice recueillie sur le filtre, lavée et séchée parfaitement, a été calcinée avec son filtre dans un creuset de platine. Son poids net était de 0gr.,050.

Eau d'alun. 81. La détermination quantitative des principes fixes de l'eau d'alun a été effectuée à l'aide des procédés sus-mentionnés et mis en usage pour l'eau de soufre.

Voici, en résumé, la nature et la quantité de tous les principes tant fixes que volatils contenus dans 1000 grammes d'eau de chacune de ces sources :

		Eau de soufre.	Eau d'alun.
Azote		0,03204	0,08010
Acide carbonique libre		0,02578	0,01334
Acide sulfhydrique libre		0,04140	»
Oxygène		»	0,01840
Sulfates	d'alumine	0,05480	0,06200
	de magnésie	0,03527	0,03100
	de chaux	0,01600	0,01500
	de soude	0,09602	0,04240
Chlorures	de magnésium	0,01721	0,02200
	de sodium	0,00798	0,01400
Carbonates	de chaux	0,14850	0,18100
	de magnésie	0,02587	0,01980
	de fer	0,00886	0,00936
Silice		0,0050	0,00430
Phosphates	d'alumine	»	»
	de chaux	0,08249	»
Fluorure de calcium		»	0,00260
Strontiane		»	
Sulfate de fer		quant. indéterm.	quant. indét.
Iode		»	»
Glairine		quant. indéterm.	quant. indét.
Perte		0,01200	0,00724
Résidu de 1000 grammes d'eau.		0,43020	0,41070

82. La présence de la strontiane dans l'eau d'alun a été reconnue dans un dépôt calcaire qui se forme en masse contre le mur du réservoir, dit Thermes-Berthollet, où cette eau se verse. Le carbonate de chaux forme la majeure partie de ce dépôt qui contient en outre du carbonate de magnésie, de la silice et de l'oxyde de fer.

83. Quant au fluorure de calcium et au phosphate de chaux, également contenus dans l'eau d'alun, leur présence a été constatée dans une croûte calcaire qui recouvre le plomb du bain dont j'ai parlé (50), laquelle ne se forme que sur les parties du métal qui se trouvent hors du liquide. L'épaisseur de cette croûte est de 0^{m},001 à 0^{m},002; elle se compose, outre les deux corps précités,

de carbonates de chaux et de magnésie et d'oxyde de fer. Ce qu'il y a de curieux, c'est que le robinet de cuivre qui verse l'eau d'alun dans ce bain, loin d'être un peu noirci comme les autres, se trouve au contraire recouvert d'une couche blanche calcaire assez épaisse et en forme de cristaux, ce qui le fait ressembler à une pétrification.

84. A partir du réservoir d'eau d'alun, les tuyaux de plomb qui arrivent de cette source au grand établissement, sont libres dans leur intérieur, parce qu'ils sont toujours pleins. Il en est un qui conduit l'eau de la même source aux bains des chevaux et de l'hôpital, et qui, ne l'étant pas toujours, se remplit d'un dépôt calcaire blanc jaunâtre dont on le débarrasse chaque année. Ce dépôt est formé de carbonates de chaux et de magnésie, d'oxyde de fer et de silice.

VAPEURS ACIDES DE L'EAU DE SOUFRE.

Production d'acide sulfurique, formation des sulfates métalliques et théorie de ces divers phénomènes.

85. De tous les phénomènes produits par les sources thermales d'Aix en Savoie, celle de soufre nous en offre un dont l'intérêt est d'autant plus grand que sa solution embrasse la généralité des eaux sulfureuses. Je veux parler de l'acide sulfurique qui se forme de toute pièce et spontanément dans l'atmosphère vaporeuse des cabinets de bains destinés à la douche, et qui n'a encore été signalé dans aucun autre établissement thermal. Jusqu'ici l'on s'accordait bien à dire que le gaz sulfhydrique qui se dégage du sein des eaux minérales sulfureuses donnait lieu à la formation d'acide sulfurique; mais cette hypothèse,

faute de preuve décisive, n'était point encore devenue une réalité. Or il importait de savoir si le soufre, provenant de la décomposition du gaz sulfhydrique au contact de l'air humide, et avant de passer à l'état d'acide sulfurique, ne formait pas d'abord d'autre produit moins oxygéné, de l'acide sulfureux par exemple : ensuite il restait à donner une vraie théorie de la sulfatisation des divers métaux exposés à l'action des vapeurs sulfureuses. Les trois propositions suivantes renferment l'entière solution du problème qui vient d'être énoncé :

1° Que devient le gaz acide sulfhydrique quand il se répand à l'état de gaz dans l'air humide?

2° Que devient ce même gaz quand il est en dissolution dans l'eau ?

3° Que se passe-t-il en soumettant à son action des métaux oxydables et des métaux non oxydables?

Comme il est aisé de le voir, la seconde question se rattache à l'action de l'air sur l'eau sulfureuse, tandis que les deux autres dépendent évidemment de l'examen de ses vapeurs.

86. Dans le corridor demi-circulaire qui occupe la partie centrale du grand établissement et dans la division des hommes, se trouvent deux douches renfermant chacune dans leur centre et à gauche, un bain de vapeur construit en forme de guérite. L'ouverture en est fermée par un rideau de toile fixé à son sommet au moyen de boucles en fer, et la vapeur vient des canaux de vidange d'où elle arrive par une ouverture pratiquée au sol. 1re Question

Quelle que soit la nature des corps soumis à l'action de cette vapeur corrosive, ils sont tous rongés et détruits dans un espace de temps plus

ou moins long. C'est ainsi que les pierres calcaires dont se composent les murs, se convertissent assez promptement en sulfate de chaux à leur surface; les bois se pourrissent et se recouvrent d'une couche de sulfate de fer d'une épaisseur variable, formée aux dépens des clous de la charpente, et le fer et le cuivre sont eux-mêmes attaqués avec une force remarquable en donnant lieu à des sulfures d'abord, puis à des sulfates de ces métaux. Les rideaux de toile qui ferment l'entrée du bain de vapeur sont acidifiés dès le premier jour de leur exposition, corrodés dans peu de temps et hors d'usage au bout de quelques semaines. Si on enlève ces linges lorsqu'ils sont bien acides et qu'on les expose à l'air, ils perdent ordinairement leur caractère d'acidité; je me suis convaincu que le contact de l'air était seul la cause de cette désacidification. A cet effet, j'ai rougi deux morceaux de velours noir en les appliquant sur un rideau de toile très-acide. L'un a été tenu fermé dans un flacon et l'autre exposé au contact de l'air. Quinze jours après, celui-ci était encore un peu acide, mais il était déjà presque noir. Au bout de vingt-cinq jours, il n'était plus acide et avait recouvré sa couleur noire au point qu'on ne pouvait reconnaître la portion qui avait été rougie. Le velours soustrait à l'influence de l'air était encore aussi rouge une année après que le jour où il fut introduit dans le flacon.

87. La désacidification, au contact de l'air, des tissus imprégnés de cet acide, avait non-seulement paru étonner plus d'un chimiste célèbre, mais elle avait encore fait supposer à quelques-uns que ce pouvait bien être un acide nouveau. Pour faire disparaître tout doute à cet égard, j'ai ra-

mené à un degré et demi de l'aréomètre, de l'acide sulfurique du commerce qui, ainsi étendu, m'a servi à rougir un morceau de velours noir. Ce tissu rougi et exposé à l'air, y a insensiblement perdu son acidité et sa couleur rouge, si bien qu'après vingt jours il ne conservait plus aucune trace de l'un ni de l'autre. Je pense donc que la désacidification au contact de l'air des tissus imprégnés du liquide acide produit par la condensation des vapeurs sulfureuses, n'est due qu'à l'état de dilatation de cet acide, puisque nous retrouvons la même propriété dans l'acide sulfurique du commerce ramené au même degré; si l'on vient en outre à concentrer ce liquide acide au point de l'amener à 50 degrés au moins de densité, les tissus qu'il rougit alors ne se décolorent plus à l'air, quel que soit le temps qu'on les y laisse exposés. En un mot, il offre dans cet état de concentration, ainsi que nous le verrons bientôt, tous les caractères de l'acide sulfurique ordinaire également concentré, avec lequel il est tout à fait identique.

88. Pour bien étudier et connaître cet acide, j'ai cherché à m'en procurer une certaine quantité à l'état liquide. L'appareil, dont je me suis servi pour condenser ces vapeurs, se compose d'un linge triangulaire fixé au sommet de la guérite par deux de ses angles, et d'une ficelle attachée à l'angle inférieur du linge et plongeant dans un flacon. Dans cette disposition, le linge s'imbibe et se sature de vapeurs, au centre desquelles il se trouve placé, et l'excédant s'écoule le long de la ficelle et vient se réunir dans un flacon. C'est ainsi que je suis parvenu à condenser environ douze livres de ces vapeurs dans l'hiver de 1836-37.

89. Une portion du linge qui avait servi à la condensation des vapeurs et qui était très-acide, fut lavée avec une solution faible de carbonate de soude. L'eau de lavage filtrée et évaporée à siccité, a fourni de petits cristaux amorphes de sulfate de soude sans la moindre trace de sulfite.

90. Une autre portion du linge fut lavée simplement avec de l'eau distillée. L'eau de lavage exposée à l'air dans un verre à expérience, pendant un mois et demi, laissa pour résidu un léger magma solide, noirâtre, de nature organique et fortement acide. La matière organique, contenue dans l'eau de lavage du linge acide, ne provenait pas du linge, mais des vapeurs elles-mêmes, ce dont je me suis convaincu en condensant une certaine quantité de celles-ci sur des carreaux de vitre.

91. Le liquide, produit par la condensation des vapeurs d'eau de soufre et récemment recueilli, est incolore, transparent, d'une légère odeur de matière animale putréfiée et d'une acidité variable. Ainsi, en septembre et octobre 1836, l'eau étant très-sulfureuse, j'en ai obtenu d'une pesanteur spécifique de 1,02; tandis qu'en février, mars et avril 1837, les pluies ou la fonte des neiges ayant altéré la pureté de l'eau minérale, l'acide obtenu alors ne pesait plus que 1,0071. La variation de cet acide dans son degré d'acidité coïncide parfaitement avec les quantités de sulfure d'argent obtenues à chaque époque de l'année (49).

Il dissout le carbonate de soude avec effervescence en donnant lieu, par son évaporation, à des cristaux de sulfate de soude qui ne renferment point de sulfite. Il rougit fortement le tournesol

et fournit, avec le chlorure de barium, un abondant précipité blanc qu'un excès d'acide azotique ne redissout point. L'oxalate d'ammoniaque y décèle des traces de chaux, et les autres réactifs n'y produisent aucun changement.

92. Ce liquide renferme une petite quantité de fer provenant des corps environnants; ce métal ne pouvait avoir été fourni par le linge qui servit à la condensation des vapeurs, puisque ce dernier avait été préalablement traité par l'acide chlorhydrique étendu. Quoi qu'il en soit, les réactifs ordinaires sont insuffisants pour déceler ici la présence de ce métal; il faut évaporer le liquide à siccité, et calciner le résidu pour détruire une matière organique que l'on retrouve dans tous les produits solides et gazeux fournis par l'eau de soufre, et dont la présence paralyse complétement l'action des réactifs propres à démontrer l'existence du fer. Reprenant ensuite le résidu par l'acide chlorhydrique, chassant l'excès d'acide par la chaleur et traitant le nouveau résidu par l'eau distillée, on obtient alors une dissolution qui précipite en gris noir par le chlore et la teinture de noix de galle, et dans laquelle le sulfhydrate d'ammoniaque détermine un précipité noir instantané.

93. Si l'on expose à l'air dans un verre à expérience quelques onces de ce liquide acide, jusqu'à ce que toute la partie aqueuse soit évaporée, on obtient pour résidu un peu de sulfate de chaux aciculaire et une petite quantité d'un liquide épais, légèrement coloré, possédant une saveur acide très-énergique.

94. Si au lieu de soumettre ce liquide à une évaporation spontanée, on le concentre à l'aide

de la chaleur dans une capsule de porcelaine, il ne tarde pas à laisser déposer de nombreux flocons blancs de nature organique qui noircissent en se desséchant et dans lesquels on retrouve des traces de fer.

95. Jusqu'ici, il était déjà facile de conclure que le liquide acide produit par la condensation des vapeurs sulfureuses renfermait de l'acide sulfurique libre, mais il était bon d'en donner une preuve plus authentique. A cet effet, six kilog. de ce liquide ont été distillés par fractions dans une cornue de verre à laquelle était adaptée une allonge dont l'extrémité recourbée se rendait dans un flacon. A mesure que le liquide se concentrait, il se colorait en jaune et laissait déposer des cristaux blancs soyeux de sulfate de chaux; sur la fin de la distillation, lorsque les gouttelettes qui passaient dans le récipient devinrent acides, le liquide se colora en brun noir. Dans ce moment, il se fit dans la cornue un boursouflement considérable occasionné par la carbonisation de la matière organique, l'acide se trouvant alors dans son plus grand état de concentration. Après cette réaction, le liquide acide était incolore, et la distillation ayant été poussée jusqu'à siccité parfaite, le flacon récipient contenait 35 à 36 gr. d'un liquide incolore, pesant spécifiquement 1,52, et d'une acidité excessivement énergique. Étendu d'eau, il a formé avec l'azotate de baryte un précipité blanc qu'un grand excès d'acide azotique n'a pu redissoudre; enfin, calciné dans un tube de verre avec du charbon, il s'est dégagé une vive odeur d'acide sulfureux. Le fond de la cornue renfermait un léger résidu salin composé de sulfate de fer et de sulfate de chaux.

Dans une des premières distillations, j'avais placé de la teinture bleue de tournesol dans le récipient; après l'opération, la couleur de cette teinture n'avait subi aucune altération; donc, absence de tout acide gazeux dans le liquide acide que nous venons d'examiner.

L'eau provenant des diverses distillations était incolore, limpide, sans odeur et sans saveur. Elle s'est comportée comme l'eau distillée la plus pure avec tous les réactifs à l'action desquels elle fut soumise. Elle contenait seulement une trace de matière organique que la distillation avait mécaniquement entraînée.

En résumé, ce liquide acide est composé de beaucoup d'eau, d'un peu de sulfates de fer et de chaux dont la présence est accidentelle, d'une petite quantité de matière organique et enfin d'une proportion variable d'acide sulfurique libre qui fait, terme moyen, les 0,006 de son poids. De tout ce qui précède, je conclus que l'acide sulfhydrique répandu à l'état de gaz dans l'air humide, se change en totalité en eau et en acide sulfurique, sans dépôt de soufre ni formation préalable d'acide sulfureux. Voyons ce que devient ce gaz quand il est en dissolution dans l'eau.

96. Le bassin en coquille d'écoulement de la grande cuve de plomb où se verse l'eau de soufre, et les tuyaux de même métal qui partent du même bassin, se recouvrent parfois d'une couche de soufre d'un blanc jaunâtre, d'une ligne environ d'épaisseur. J'en ai recueilli en différentes fois une once qui était très-pur; il contenait seulement une petite quantité de matière organique qui lui donne une odeur repoussante, mais qu'il perd complétement par des lavages à l'eau distillée, — 2e Question.

Ce dépôt de soufre avait déjà été observé, mais personne n'avait reconnu sa véritable nature. Il n'a pas lieu à toutes les époques de l'année, et trois conditions essentielles sont nécessaires à sa formation. Pour cela il faut : 1° que l'eau de soufre soit très-sulfureuse ; 2° que les tuyaux de plomb soient sans cesse recouverts d'une couche d'eau ; 3° que cette couche d'eau ne soit ni trop épaisse ni trop mince. Dans le premier cas, l'air ne saurait pénétrer la masse d'eau pour arriver jusques sur les tuyaux ; dans le second, il y arriverait en trop grande abondance et alors le soufre au lieu de se déposer s'acidifierait complétement. Une lame d'eau de trois à quatre lignes d'épaisseur est la plus propre à fournir ce dépôt de soufre, qu'il est du reste facile de se procurer à volonté, en exposant une planche ou tout autre chose sous un jet de l'eau sulfureuse ; quelques heures suffisent pour que la planche se trouve recouverte d'une couche mince de ce métalloïde d'un blanc jaunâtre, toujours accompagné de l'odeur et de la matière organique dont j'ai parlé.

Des expériences précédentes il résulte que le soufre ne s'acidifie pas dans l'eau, mais qu'il s'acidifie complétement quand il se répand dans l'air avec la vapeur d'eau à l'état de gaz sulfhydrique ; l'acide sulfurique obtenu et les sulfates de toute sorte auxquels ces vapeurs sulfureuses donnent lieu en sont une preuve irréfragable. Je crois pouvoir attribuer cette différence à ce qu'il y a excès d'air dans le second cas et non dans le premier. L'on sait en effet que le soufre de l'acide sulfhydrique dissout dans l'eau, exige, pour se déposer, une quantité d'air qui doit être limitée, et que lorsque l'air arrivé en trop forte proportion,

le soufre s'acidifie et ne se dépose pas. L'on sait de plus que le soufre du gaz sulfhydrique s'acidifie complétement au contact de l'air humide quel que soit l'excès de celui-ci. L'air est donc le seul agent de ces deux phénomènes qu'il produit tour à tour, selon qu'il est ou non en excès. Mais une chose digne de remarque, c'est qu'ici, c'est-à-dire, dans la combustion par voie humide, le soufre ne produit que de l'acide sulfurique, tandis que, par voie sèche, il ne donne que de l'acide sulfureux.

97. Pour compléter l'étude de ces vapeurs, il nous restait à examiner ce que le gaz sulfhydrique produit au contact des divers métaux. La solution de cette dernière question, de même que celle des deux précédentes, a nécessité des expériences longues et très-minutieuses. 3e Question

Les sept métaux suivants rangés sur une même ligne à l'aide d'un appareil en bois et fixés perpendiculairement à l'une de leurs extrémités entre deux petites planchettes, furent exposés à l'action des vapeurs de la première douche des hommes, division centrale, le 29 novembre 1837, à six heures du soir. La longueur des lames de ces métaux variait de $0^m,15$ à $0^m,30$ et leur largeur de $0^m,015$ à $0^m,020$; chacun d'eux avait été bien décapé et aminci par le laminoir; enfin, au-dessous de chaque lame était placé un verre pour recevoir l'eau qui découlerait des métaux.

Noms des métaux.	Poids.	Perte.
Platine. . . .	1000,00	0,00
Or (1).		0,51
Argent. . . .		2,44
Cuivre. . . .		29,54
Zinc. . . .		0,11
Plomb. . . .		1,34
Fer.		5,66

30 novembre, 4 heures du soir. Tous les métaux se trouvaient déjà attaqués, excepté l'or et le platine. Ainsi, l'argent, le cuivre, le zinc, le plomb et le fer étaient recouverts d'une couche noire de sulfure, celle de zinc était blanche. Le cuivre offrait un coup d'œil bleuâtre; le plomb, des traces d'une poudre blanche; et le fer, quelques taches de rouille. Tous les verres contenaient plus ou moins de liquide qui avait découlé de chaque lame et tous ces liquides étaient acides, ceux du cuivre, du zinc et du plomb exceptés. Celui du fer contenait un peu d'oxyde rouge et dejà du sulfate de ce métal.

1er décembre, 4 heures du soir. Même état de choses, seulement l'altération des métaux allait en croissant. La rouille recouvrait presque entièrement la lame de fer.

2 décembre, 3 heures du soir. Le cuivre était tapissé de petites gouttelettes bleuâtres irisées entraînant dans leur chûte une poudre brune que la dessiccation rendait d'un vert noirâtre. Cette poudre, traitée par l'acide chlorhydrique bouillant dans un petit tube de verre, a fourni une dissolution verte dans laquelle le chlorure de barium a produit un abondant précipité blanc insoluble dans l'acide azotique; l'ammonia-

(1) L'or dont je me suis servi avait été purifié par l'acide azotique.

que en excès y a formé de l'eau céleste. Cette poudre était un sous-sulfate de cuivre insoluble. Le plomb, toujours noir, offrait un peu plus de la poudre blanche observée le 30 novembre, que j'ai reconnue pour être du sulfate de plomb.

Aucune réaction nouvelle. 5 décembre, 3 heures du soir.

Le platine n'avait subi aucune altération. Il 21 décembre, *id.* n'en était pas ainsi de l'or, qui avait résisté jusqu'ici à l'action corrosive des vapeurs sulfureuses. Le vingt-troisième jour de son exposition, il était très-sensiblement attaqué, et l'on distinguait sur sa surface de petites taches d'un rouge brun. Ces petites pellicules, détachées et dissoutes dans l'eau régale, ont produit une dissolution dans laquelle le chlorure de barium a formé un précipité blanc insoluble dans les acides.

Le fer, couvert de rouille qui se détachait en écailles, contenait çà et là de petites parcelles vertes de sulfate. Le plomb contenait une assez grande quantité de sulfate, qui recouvrait en partie le sulfure noir de ce métal. Le zinc et l'argent étaient les mêmes. Le cuivre était recouvert d'une couche fort épaisse d'un bleu foncé, d'une saveur très-astringente.

L'eau des sept verres était acide. Celle du fer contenait beaucoup de sulfate en dissolution, celle du zinc renfermait aussi un peu de sulfate soluble. L'eau du cuivre tenait en suspension une assez grande quantité de sous-sulfate qui fut séparé par la filtration. L'eau filtrée était bleuâtre, astringente, donnait un précipité marron par le ferrocyanure jaune de potassium et formait l'eau céleste avec l'ammoniaque. Cette eau tenait donc en dissolution du sulfate neutre de cuivre, et je

me suis assuré que la formation de ce sel soluble n'avait lieu qu'au bout de quinze à seize jours d'exposition du métal au contact des vapeurs, le cuivre se transformant d'abord en sulfure, puis en sous-sulfate et enfin en sulfate neutre.

Les expériences précédentes nous prouvent que tous les métaux sus-nommés, exposés au contact des vapeurs sulfureuses, s'y transforment en sulfures dès le premier jour de leur exposition, en s'emparant du soufre de l'acide sulfhydrique. L'or est également attaqué par cet acide, mais cette réaction n'a lieu qu'au bout de quinze à vingt jours. Le platine seul n'éprouve aucune altération.

L'or et l'argent, étant peu oxydables, ne forment que des sulfures. Le zinc, le cuivre, le fer et le plomb qui le sont plus ou moins, se transforment ensuite en sulfates. Le cuivre seul, contenant deux atômes de métal pour un de soufre, passe à l'état de sous-sulfate après s'être d'abord converti en sulfure. Mais bientôt ce sel prend une nouvelle dose d'acide et devient soluble à la faveur de l'acide qui se forme au milieu de l'air, ainsi que je l'ai prouvé, et qui découle au bout de quelques jours de la surface des lames métalliques.

On peut conclure de ce qui précède, que les différents métaux, exposés au contact des vapeurs sulfureuses, s'emparent, au milieu même d'un grand excès d'air humide, du soufre du gaz sulfhydrique et empêchent la combustion de ce métalloïde par l'oxygène. Il est maintenant hors de doute que les sulfates de fer et de cuivre que l'on rencontre dans l'établissement proviennent de la transformation des sulfures en sulfates et non pas de l'action immédiate de l'acide sulfurique, comme on l'avait pensé jusqu'ici. Enfin,

nous savons que, si dans l'air humide l'acide sulfhydrique se transforme tout entier en eau et en acide sulfurique, au contact des métaux il produit de l'eau et des sulfures.

Source Chevillard (1).

98. A vingt-cinq minutes d'Aix, sur la route de Chambéry, sort au milieu d'un pré une source sulfureuse froide très-peu abondante. L'eau de cette source est limpide, transparente, incolore et d'une forte odeur d'œufs couvés que l'on sent quelquefois à une distance assez grande : elle a une saveur analogue. Sa température est de 14 degrés cent., et sa pesanteur spécifique de 100,021.

L'azotate d'argent et l'acétate de plomb y déterminent des précipités bruns plus ou moins foncés. L'acide azotique la colore en gris comme celle de soufre (9), et dans les deux cas, le chlore détruit cette coloration. Une pièce d'argent que l'on y plonge ne tarde pas à jaunir, et du papier imprégné d'une dissolution d'acétate de plomb noircit entièrement au bout de quelques heures si on l'expose au-dessus de la surface de l'eau. Exposée au contact de l'air, elle se trouble à la longue, et sa surface se recouvre d'une couche blanchâtre de soufre pur. Le mercure métallique mis en contact avec elle, dans un flacon bouché, ne tarde pas à perdre son brillant, et deux ou trois jours après il est complétement noir. Après ce temps, l'eau du flacon conserve encore la propriété de brunir légèrement par les sels de plomb et d'argent.

(1) Ainsi appelée du nom de feu M. le colonel Chevillard, sur la propriété de qui elle se trouve.

Si on en remplit complétement un matras, qu'au col de ce matras soit adapté un tube plein de la même eau, dont l'extrémité recourbée vienne s'engager sous une cloche pleine de ce liquide, et qu'on soumette l'eau du matras à une ébullition prolongée pendant une heure, après l'expérience, l'eau bouillie précipite encore en brun foncé par les sels de plomb et d'argent.

Enfin, conservée pendant plus d'un mois dans des bouteilles qui en avaient été remplies à une époque où les pluies ne l'avaient point altérée, cette eau laissait encore, après ce laps de temps, exhaler une odeur bien prononcée d'acide sulfhydrique.

Les propriétés chimiques de l'eau Chevillard démontrent évidemment qu'elle contient à la fois de l'acide sulfhydrique libre et un sulfure, celui de sodium probablement. Mille grammes de cette eau traités par l'azotate d'argent ammoniacal, ont fourni 0$^{gr.}$,2570 de sulfure d'argent; la même expérience répétée sur une égale quantité d'eau préalablement soumise à l'ébullition, n'en a fourni que 0$^{gr.}$,0421, ce qui donne :

	Grammes.		Centim. cubes.	
Acide sulfhydrique libre.	0,0291	0,0349	19,02	22,81
Id. *id.* combiné.	0,0058		3,79	

En supposant, comme je viens de le dire, que l'acide sulfhydrique combiné soit uni à la soude, la quantité de sulfure alcalin serait de 0$^{gr.}$,0132, pour mille grammes d'eau.

L'eau Chevillard ne renferme point d'oxygène quand elle est pure. Mille grammes soumis à l'ébullition ont fourni, terme moyen de deux expériences :

	Grammes.		Centim. cubes.	
Azote.	0,0093	0,0162	7,33	10,81
Acide carbonique libre.	0,0069		3,48	

Cette eau ne renferme ni alumine, ni strontiane, ni sulfate de fer, ni iode, ni phosphates, ni fluorure, ni chlorure de sodium. Elle ne fournit point de gélatine en flocons, mais elle en contient une petite quantité en dissolution. Voici du reste la nature et la quantité des principes fixes et volatils contenus dans mille grammes de l'eau sulfureuse froide Chevillard :

			Grammes.
Azote.			0,0093
Acide carbonique libre.			0,0069
Acide sulfhydrique libre.		0,0291	0,0349
Id. *id.* combiné.		0,0058	
Carbonates	de chaux.		0,1900
	de magnésie.		0,0160
	de fer.		0,0090
Sulfates.	de soude.		0,0420
	de magnésie.		0,0262
	de chaux.		0,0020
Chlorure de magnésium.			0,0215
Silice.			0,0040
Glairine.			des traces.
Perte.			0,0373
Résidu de mille grammes d'eau.			0,3500

Source Fleury.

99. Cette source ne présente d'autre phénomène particulier qu'une intermittence dans son principe sulfureux ; car tantôt elle est sulfureuse, tantôt elle ne l'est pas. Dans le premier cas, elle dépose sur le bord de son petit bassin des végétations organiques verdâtres, recouvertes d'une couche de soufre pur d'un blanc jaunâtre qui disparaît peu à peu à mesure que l'eau se désulfurise. Selon M. Despine père, cette curieuse intermittence, que j'ai observée pour la première fois en janvier 1837, serait due au trop plein de la source de soufre qui se verserait souterrainement

dans les conduits du calcaire jurassique qui servent de déversoir à l'eau d'alun, car la source Fleury paraît être une branche de cette dernière, et on la voit disparaître lorsque celle-ci est très-basse dans les puits d'enfer.

La source Fleury, ainsi appelée du nom de l'ancien propriétaire du jardin où elle sort, est située à quelques pas au-dessus d'Aix. Elle est peu abondante; sa température est ordinairement d'un degré et demi à deux degrés cent. au-dessus de celle d'alun, et les grandes sécheresses la font quelquefois tarir.

Les sources de soufre et d'alun ayant toujours fourni au delà des besoins de l'établissement, l'eau Fleury n'a pas été encore utilisée pour le service des bains.

100. Mille grammes de cette eau renferment :

		Grammes.
Azote		0,06310
Acide carbonique libre		0,01820
Oxygène		0,02710
Carbonates	de chaux	0,17860
	de magnésie	0,02625
	de fer	0,01020
Sulfates	de soude	0,05610
	d'alumine	0,06000
	de magnésie	0,03350
	de chaux	0,01660
Chlorures	de sodium	0,01700
	de magnésium	0,02460
Silice		0,00380
Sulfate de fer		des traces.
Phosphate de chaux / Fluorure de calcium		0,00280
Glairine		quant. indét.
Perte		0,04055
Résidu de mille grammes d'eau.		0,47060

RÉSULTATS ÉCONOMIQUES

De l'emploi de la tourbe et du bois de pin en bûches, dans le chauffage des fours à puddler, à l'usine d'Ichoux, département des Landes, précédés de considérations sur la tourbe et sur les produits provenant de l'exploitation des forêts de pin dans ce département;

Par M. LEFEBVRE, Ingénieur en chef des mines.

Circonstances qui motivent l'exploitation d'une forêt de pin maritime.

Le bois et le charbon de bois que l'on consomme dans les usines du département des Landes proviennent, presqu'en totalité, de l'exploitation des forêts de pin maritime, dont les propriétaires ne peuvent pas tirer de revenu, soit à cause de l'âge avancé des arbres, soit à cause du mauvais travail dont les arbres ont été l'objet de la part des ouvriers qui se sont occupés d'en faire exsuder la résine, soit enfin par suite d'un incendie, comme cela arrive malheureusement trop souvent dans cette contrée.

Incendie des forêts de pin.

Le feu, ce fléau des forêts de pin, y arrive presque toujours de la lande rase qui les environne, et dont on a incinéré les plantes devenues trop dures pour servir à la nourriture des troupeaux. Il a d'autant plus d'activité dans ces forêts, qu'indépendamment de ce que leur sol est couvert des mêmes arbustes ou plantes que le sol des landes rases, il y rencontre encore des feuilles et des copeaux secs, et enduits de résine. Du sol, le feu gagne très-facilement les arbres qui sont

couverts en partie d'une croûte de cette substance, depuis leur pied jusqu'à une hauteur de 3m à 3m,50 au-dessus du sol; cependant il est très-rare que les flammes atteignent jusqu'au bouquet de branches qui couronne leur sommet. Si les arbres sont jeunes, elles ne rencontrent que très-peu de résine pour les alimenter, et il semble alors qu'elles ne font que caresser ces arbres; néanmoins le mal est souvent tel que les canaux conducteurs des sucs nourriciers sont, en tout ou en partie, détruits, et il n'y a, dans ce cas, d'autre parti à prendre que d'y mettre la cognée. Si les arbres sont vieux, la souche ou la partie de l'arbre, sur laquelle les entailles pour l'exsudation de la résine ont été faites, est si fortement enduite de cette substance, et quelquefois tellement fendue, qu'elle devient la proie des flammes, et qu'à chaque instant on entend le bruit des arbres qui tombent.

Produits de l'exploitation d'une forêt de pin (bois de construction, bois de corde, charbon et goudron).

Lorsqu'une forêt de pin se trouve dans une des circonstances précédentes, le propriétaire la fait exploiter pour son compte, ou la vend à des marchands de bois de construction, ou à des maîtres de forges. Quel que soit celui qui fait exploiter une forêt, si les bois de construction et de corde se vendent facilement, on ne convertit en charbon que les menus débris; dans le cas, d'ailleurs le plus ordinaire, où les transports doivent élever beaucoup trop la valeur du bois de construction et du bois de corde, l'arbre entier est converti en charbon, à l'exception, cependant, de la partie sur laquelle on a pratiqué des entailles, partie qui est ordinairement réservée pour en retirer du goudron par distillation, dans des fourneaux ouverts ou fermés.

Les bois de construction sont débités à la scie à bras, ou à la scie à eau. Bois de construction.

Un atelier de scieurs de long occupe quatre ouvriers, dont trois scient constamment du matin au soir; le quatrième aiguise les dents des scies et les creuse, coupe l'arbre en billots et équarrit ceux-ci à la hache. En été, ces ouvriers font cinquante planches par jour, et en hiver, quarante seulement. Ces planches ont $2^{m},27$ de longueur, et $0^{m},22$ de largeur, ce qui porte à $24^{m.c.},67$, ou $19^{m.c.},74$ seulement, suivant la saison, la surface que pourrait couvrir le produit journalier du travail de ces ouvriers, dont le salaire est, pour cent planches, 15 fr.; soit par jour et par ouvrier $1^{f.},875$ ou $1^{f.},50$. Produits des scies à bras.

Les planches de $2^{m},60$ de longueur, et de $0^{m},18$ de largeur, sont payées à raison de 11 fr. le cent. On en fait 70 ou 56 seulement par jour, suivant la saison.

Enfin, les planches de $2^{m},92$ de longueur et de $0^{m},22$ de largeur, sont payées à raison de 19 fr. le cent. On en fait 40 ou 32 seulement par jour, suivant la saison. Au-dessus de cette longueur, et par 33 centimètres excédant, on paye 4 fr. en sus de ce prix.

Une scie à eau, à une seule lame, est desservie par deux ouvriers travaillant, l'un pendant le jour et l'autre pendant la nuit. Chacun d'eux rend communément, par poste de douze heures, 30 à 40 planches, qu'on leur paye à raison de $3^{f.},50$ le cent. A ce prix, ils équarrissent les billots, aiguisent et creusent les dents de la scie. Pour les aiguiser, on emploie une demi-heure par douze heures de travail de la scie, et pour les creuser, trois heures Produits des scies à eau.

pour six postes, composant la durée du travail d'un ouvrier par semaine.

Le propriétaire de l'usine à scie exige du propriétaire du bois 10 fr. pour frais de sciage de cent planches, frais qu'on remplace quelquefois par la moitié du produit en planches.

Les scies à eau sont peu dispendieuses à établir. Un charpentier se charge de leur établissement moyennant qu'on lui donne 300 à 350 francs et les bois nécessaires. Au reste, elles sont faites et dirigées par les ouvriers avec si peu de soin, que les planches qu'on y fait ont leurs faces dessinées comme des surfaces gauches. Ces planches étant d'inégale épaisseur, et ayant la forme de coins allongés, occasionnent beaucoup de perte au consommateur. Les planches, au contraire, des scieurs de long sont généralement d'égale épaisseur, et par suite présentent peu de déchet. Aussi, ontelles une valeur commerciale plus grande que les planches de moulins-à-scie.

Perte de bois occasionnée par le débit en billots, en se servant de la hache.

Dans le département des Landes, où le bois de pin n'a pas encore atteint une très-grande valeur, les arbres destinés à faire des planches, des bûches, ou du charbon, sont abattus et débités en billots avec la hache, tandis que dans les contrées du département de la Gironde, qui approvisionnent Bordeaux et les lieux voisins des rives de la Garonne, on fait usage, pour le même objet, de la scie. Ce mode d'opérer économise une quantité de bois qui surpasse l'idée qu'on s'en fait généralement dans le département des Landes. Si on prend, par exemple, un bel arbre ordinaire de 20 mètres de longueur ou environ, et de $1^{m},461$ de circonférence mesurée près des racines, qui doit être débité à la hache pour être converti en char-

bon, les billots auront, dans ce cas, $1^{m},20$ à $1^{m},40$, ou terme moyen, $1^{m},30$ de longueur. L'une des faces extrêmes de ces billots présentera une surface plane ou à peu près, perpendiculairement à l'axe, tandis que l'autre face aura la figure d'un coin. Ce coin résultera de l'enlèvement par une suite de coups de hache; 1° d'un premier onglet ayant $0^{m},25$ de hauteur, ou un peu plus de la moitié du diamètre de la circonférence du billot, et pénétrant jusqu'aux deux tiers de ce diamètre; 2° d'un second onglet de $0^{m},10$ de hauteur, et se terminant où finit le premier. Le volume de ces deux onglets détachés en copeaux, est égal à ($0^{m.c.},016+0^{m.c.},002$), ou $0^{m.c.},018$. En supposant que le billot eût été obtenu avec une scie, son volume aurait été égal à $0^{m.c.},221$. Ainsi, en employant la hache, on convertit en copeaux les $\frac{0.018}{0.221}=0,08145$ du bois, c'est-à-dire que, de cette manière, on sacrifie en pure perte quatre arbres sur quarante-neuf, ou environ, soit un peu plus de 8 pour o/o.

Dans le département des Landes, le bois de chauffage se vend à la corde, dont le volume et le prix sont variables d'un lieu à un autre. Les frais d'abattage et de mise en bûches sont partout au même prix. Ils s'élèvent ensemble à $0^{f.},33$ ou environ par stère de bûches. **Frais d'abattage et de mise en bûches et en piles.**

Dans le département de la Gironde, où les billots sont généralement coupés à la scie et fendus pour en faire des bûches, celles-ci se vendent au cent. Ces bûches, qui sont généralement droites, ont $1^{m},50$ de longueur, et $0^{m},15$ d'épaisseur maximum. Ordinairement le marchand de bois dispose les bûches de chaque cent par rangs de dix bûches l'un, croisés les uns sur les autres de **Poids du bois de pin en bûches.**

manière à en former un parallélipipède rectangle, dont chacune des trois dimensions est égale à la longueur d'une bûche, en sorte que le volume de ce solide est représenté par 3st.,375. En disposant les bûches l'une contre l'autre sans croiser les rangs, et en faisant un solide de même base que le précédent, la hauteur de ce solide, contenant cent bûches, sera de 1m,31, et son volume de 2st.,95 pesant ensemble, si c'est du bois âgé de 80 à 100 ans dont on a fait exsuder la résine, 912 kil., ce qui donne pour le stère du bois de pin en bûches 309 kil. Si le bois est jeune ou provient de la cime des arbres, le cent de bûches ne pèse alors que 844 kil., ou le stère 286 kil. Ainsi le poids moyen du bois de pin en bûches peut être évalué, le stère, à 297kil.,50.

Durée du bois de pin employé dans les constructions.

Le bois de pin employé dans la construction des ponts a une très-grande durée, s'il a été résiné et si l'on n'en fait usage que pour des pilotis; mais sa durée se réduit à 5 ou 6 ans, au plus, pour les parties où il est exposé aux variations atmosphériques. On le voit alors pourrir et se piquer des vers. Quand les planches proviennent d'arbres très-âgés renfermant beaucoup de goudron, ce qu'on reconnaît à la couleur brune du bois, dans ce cas, les planchers et les meubles qui en sont faits ont une durée presque égale à la durée des bois les plus durs.

Résultats comparatifs de la houille et du bois de pin en bûches employés sous une chaudière à vapeur.

Employé pour le chauffage, le bois de pin brûle promptement et donne beaucoup de flamme. En outre, comme tous les bois résineux, il a le précieux avantage de pouvoir servir au chauffage dès qu'il a été abattu.

A l'usine de Bacalan, près de Bordeaux, on consommait autrefois, par douze heures de travail, sous la chaudière d'une machine à vapeur à

basse pression, de la force de 12 chevaux, savoir :

Lorsqu'on brûlait du bois de pin vieux et résiné, 150 bûches ou 4$^{st.}$,425 ou 1367$^{kil.}$,33 valant en 1834. . . . . 25$^{f.}$,50

Et lorsqu'on brûlait de la houille de Mons, 8 hectolitres combles, ou 0$^{m. c.}$,933, ou 774$^{kil.}$,39 valant en 1834. . . . . 24$^{f.}$,40

Procédé de carbonisation du bois de pin.

Le procédé de carbonisation en usage dans le département des Landes est le même que celui généralement adopté dans les forêts. On dispose les billots à carboniser par rangées horizontales placées l'une sur l'autre, et dans lesquelles on donne au bois une légère inclinaison qui augmente d'une manière peu sensible d'une rangée à la suivante. Ces billots, qui ont 1^{m},60 de longueur, ne sont point fendus, quelle que soit leur grosseur ; mais on a soin de placer les plus gros dans la rangée inférieure, en interposant entre eux du bois plus petit pour bien garnir les espaces libres. Des billots d'une moindre grosseur forment la seconde rangée, et ainsi de suite. Sur la dernière rangée, on dispose presque horizontalement du petit bois de branches, de manière à former comme une calotte ; enfin, on recouvre le tout de gazon, de bruyère et de sable.

Ordinairement, les meules pour charbon ne se composent que de trois rangées de billots, à moins que le bois ne soit petit ; car, dans ce cas, il en entre quatre à cinq rangées. Ces meules ont communément 10 mètres de diamètre, et 5 mètres au plus de hauteur. Le temps nécessaire pour carboniser une meule de bois est évalué à vingt-quatre heures par dix barriques de charbon obtenu, lesquelles font ordinairement la charge d'une voiture traînée par une paire de bœufs. On

appelle barrique de charbon la quantité de ce combustible qu'on peut faire entrer dans une barrique vide de Bordeaux, de la contenance de 228 litres, comblée, après l'avoir défoncée par un bout et lui avoir donné trois secousses, la première secousse lorsqu'elle est pleine au tiers, la seconde quand elle renferme du charbon aux deux tiers, et la troisième quand elle est remplie ras. Après que le charbon a été ainsi tassé dans la barrique par les secousses qu'on lui a données, et après qu'on en a comblé la barrique, on trouve que dix barriques combles de charbon remplissent une mesure qui, à l'usine d'Ichoux, a pour dimensions $1^m,922$ sur $1^m,922$ sur $0^m,65$, et pour capacité $2^{st.},40$. Au moment où le charbon est apporté de la forêt, et avant qu'il ait été tassé dans la barrique, ce même volume ($2^{st.},40$) est représenté par $2^{st.},67$, capacité de la mesure pour dix barriques aux usines de Brocas, de Castets, etc. Ainsi le tassement du charbon dans la barrique diminue son volume de 0,10.

Poids du charbon de bois de pin.

Une barrique ($0^{st.},24$) de charbon fabriqué dans un temps sec, en juillet, mesuré, comme il vient d'être dit, cinq à six heures après avoir été extrait de la meule, pèse communément $47^{kil.},50$ ou 45,50 seulement, ou, poids moyen, $46^{kil.},50$, suivant la qualité du bois; soit le stère 194 kil. ou environ.

Si le charbon est pesé cinq à six heures après son extraction de la meule et dans l'état où il arrive de la forêt, c'est-à-dire sans être tassé et brisé par les secousses qu'on lui fait éprouver en le mesurant à la barrique, dans ce cas, le stère pèse seulement 174 kil. ou environ, poids auquel on rapportera par la suite celui du volume $0^{st.},267$ de char-

bon non tassé, afin de se conformer à l'usage reçu à l'usine d'Ichoux, de ne compter la mesure 2st.,40 que pour 9 barriques.

Produit en charbon provenant de l'exploitation d'une forêt de pin.

Le bois de pin qu'on exploite pour en faire du charbon est ordinairement âgé de 80 à 120 ans. Si, à cet âge, la forêt a conservé 160 arbres par hectare, ce qui est très-rare, dans ce cas les arbres sont petits, et il en faut ordinairement quatre pour obtenir dix barriques de charbon. Si, comme cela a lieu communément, on ne compte par hectare, dans la forêt, que 80 à 120 arbres âgés de 80 à 120 ans, alors ces arbres seront plus gros que les précédents, et il n'en faudra que deux ou trois pour faire une barrique de charbon. Ainsi un hectare de forêt de pin rend, terme moyen, 400 barriques de charbon.

Bois consommé pour une partie de charbon.

Dans le département des Landes, on ne sait pas au juste quelle est la quantité de bois qu'on consomme pour obtenir une quantité déterminée de charbon. Dans quelques parties des départements de la Gironde et du Lot-et-Garonne, le propriétaire de pins vend son bois à la corde, et, à cet effet, il exige que l'exploitant débite les arbres à la scie, mette les billots en bûches, et dispose celles-ci en cordes. Au reste, dans ces contrées, on ne carbonise guère et on ne met en corde que le bois du sommet des arbres, trop petit pour faire des planches de 0m,22 de largeur. La corde ayant 3m,25 sur 1m,46 sur 0m,975, et faisant un volume égal à 4st.,626, coûte pour façon 1f.,50, et rend ordinairement 1st.,63 de charbon, soit 2st.,838 de bois de pin en bûches pour 1 stère de charbon.

Main-d'œuvre payée pour abattre le bois et le convertir en charbon.

Il est probable que dans le département des Landes, où le bois qu'on met dans les meules est beaucoup plus gros (il n'est jamais fendu), on en consomme davantage. Lorsque le bois est mis en

corde, on paye pour façon du charbon $0^{f.},368$ par barrique. Si le charbonnier abat le bois, le met en corde et le carbonise, on lui paye $0^{f.},573$ par barrique de charbon. Enfin, si, comme cela a toujours lieu dans le département des Landes, le charbonnier n'est pas tenu de mettre le bois en corde, dans ce cas, on lui paye, pour abattage et cuisson du bois, $0^{f.},55$ par barrique ($0^{st.},267$), soit $2^{f.},06$ par stère de charbon.

A l'usine d'Ichoux, la corde ou deux voitures de bois de pin en bûches a pour dimensions $3^{m},90$ sur $1^{m},30$ sur $0^{m},98$, et fait un volume égal à $5^{st.},00$ ou environ. On estime qu'elle coûte, savoir : Achat du bois, $2^{f.},00$; façon, $1^{f.},60$; transport d'une distance de 8 kilomètres, $4^{f.},40$; soit, pour toutes ces dépenses réunies et par stère, $1^{f.},60$.

Prix du charbon à l'usine d'Ichoux.

A la même usine, au commencement de 1839, on apportait du charbon anciennement acheté qui coûtait, rendu à cette usine, 2 francs la barrique ou $7^{f.},49$ le stère, ou enfin $4^{f.},30$ le quintal métrique. A cette usine, on apportait encore du charbon récemment acheté qui ne coûtait que $1^{f.},60$ la barrique, ou 6 francs le stère, ou enfin $3^{f.},44$ le quintal métrique.

Tourbe.

La tourbe existe sur beaucoup de points dans les départements des Landes et de la Gironde. Celle qu'on consomme dans le four à puddler et à réchauffer dans l'usine d'Ichoux est extraite dans les marais voisins de cette usine, et surtout dans les marais de la commune de Parentis-en-Born. L'épaisseur des bancs tourbeux varie de $1^{m},50$ à $3^{m},00$ et même $4^{m},00$. Leur étendue est quelquefois de 40 à 50 hectares. Cette tourbe est composée de débris de végétaux herbacés, entrelacés de manière à lui donner l'apparence d'un gazon connu

dans le nord de la France sous le nom de bousin. L'altération de ces végétaux est quelquefois telle qu'ils sont méconnaissables, et que la tourbe ressemble à une terre d'un brun noirâtre où se montreraient quelques filaments végétaux. La tourbe est extraite sous la forme de prismes rectangulaires qui, après leur dessiccation, ont pour dimensions $0^m,15$ sur $0^m,15$ sur $0^m,12$. Son poids, assez variable, est, terme moyen, pour une mesure de $2^{st},40$, 528 kilogrammes, et, pour un stère, 220 kilogrammes ou environ.

Aux usines d'Ichoux et de Pontens, on estime à 3 francs les frais d'extraction et de dessiccation d'une mesure de tourbe dont le transport de Parentis à Ichoux coûte $1^f,50$. En portant, comme à Pontens, le droit de propriété à $0^f,20$, prix payé à la commune de Biscarosse, et la mise en magasin à pareille somme, on trouve que la voiture ($2^{st},40$) de tourbe revient, à l'usine d'Ichoux, à $4^f,90$, soit le stère à $2^f,05$ et le quintal métrique à $0^f,93$.

Indépendamment de la tourbe et du bois, on fait encore usage de la houille pour chauffer le four à réverbère de chaufferie de l'usine d'Ichoux. Achetée à Bordeaux, la houille anglaise ou belge coûte : Prix de la houille à l'usine d'Ichoux.

L'hectolitre comble, pesant 95 kilogrammes.	$3^f,25$
Commission et sac en natte pour la transporter. . . .	$0^f,25$
Transport de Bordeaux à Ichoux.	$1^f,50$
Total.	$5^f,00$

Soit le quintal métrique, $5^f,25$.

Puddlage à la tourbe et au bois à l'usine d'Ichoux.

Depuis le rapport de M. Bineau, imprimé dans les *Annales des Mines*, 3e série, tome 7, les dimensions du four à puddler d'Ichoux ont subi de grands changements, et la fabrication du fer puddlé, dans des fours à réverbère chauffés avec de la tourbe et du bois, est devenue un travail régulier et habituel qu'il importe de faire connaître telle qu'elle existait en 1838 et 1839. (*Voir Pl. VI, fig.* 1 et 3.)

On commence ordinairement à chauffer le four à puddler le dimanche à minuit avec de la tourbe, dont la combustion est activée en maintenant le registre de la cheminée entièrement ouvert. Après quatre heures d'un feu bien soutenu, le fourneau est ordinairement assez chaud pour être chargé avec des morceaux de fonte brute, c'est-à-dire de fonte non mazée, pesant ensemble 180 kilogr. Lorsque tous ces morceaux de fonte ont été rangés autour et sur la sole du fourneau, on ferme les portes de travail et de chargement du combustible. Au bout de trois quarts d'heure pendant lesquels le registre de la cheminée est resté constamment ouvert, la fonte est suffisamment ramollie pour tomber en morceaux pâteux sous la simple pression d'un ringard. Pour la maintenir dans cet état de ramollissement sans la faire entrer en fusion, ce qui, arrivant, augmenterait considérablement la difficulté du puddlage, on diminue l'activité de la combustion, en fermant le registre de la cheminée, et en n'alimentant que faiblement de combustible le foyer.

Le registre étant fermé, le garçon de fourneau ou aide-puddleur divise la fonte avec son ringard, la remue et la retourne sans cesse en la changeant constamment de place. Pendant cette espèce de labourage qui renouvelle continuellement les sur-

faces de la matière et la maintient comme du sable dont les grains sont ramollis et faciles à désunir, la fonte est transportée des points où la température est peu élevée sur d'autres points où elle l'est davantage, et réciproquement. Pendant ce travail, le foyer est faiblement entretenu de combustible. Pour faciliter son travail, l'aide-puddleur jette de temps à autre dans le fourneau et près de la porte de travail quelques cuillerées d'eau qui rafraîchissent cette partie du fourneau, où s'établit pendant le travail un courant d'air assez actif. Quand la fonte commence à bien prendre nature, et le fer à se ramasser, le puddleur ouvre le registre de 45 millimètres ou environ, et prend la place de son aide, dont il continue le même genre de travail. Au bout de quelque temps, il s'occupe de la formation des cinq à six boules de fer puddlé, qui seront le produit des 180 kilogrammes de fonte qu'on traite dans chaque opération, durant laquelle on ajoute de temps à autre, et vers la fin, les riches morceaux de fer puddlé tombés près du marteau et des cylindres pendant le cinglage des boules de l'opération précédente.

Pendant que le puddleur forme les boules, en réunissant le fer avec son ringard à mesure qu'il tend à se ramasser, le registre reste à moitié (0^m,18) ouvert. Quand les boules sont formées et rangées autour du fourneau, travail qui dure une demi-heure ou environ, on donne un fort coup de feu. A cet effet, on charge de nouveau la grille de combustible (tourbe et bois), on ferme les portes du foyer et de travail, et on ouvre entièrement (0^m,36) le registre. Cinq minutes après, le puddleur ouvre la porte de travail, et fait rouler les boules dans le bain de laitier, opération qui,

pour chacune d'elles, dure une minute ou environ. Après quoi, cet ouvrier les sort l'une après l'autre du fourneau, pour les conduire jusqu'auprès du marteau, sous lequel elles sont présentées par un ouvrier avant de passer entre les cylindres ébaucheurs, d'où elles passent immédiatement entre des cylindres qui les changent en barres plates de $0^m,02$ d'épaisseur au plus, ou en barres à peu près rondes n'ayant quelquefois que $0^m,05$ de diamètre. Ce fer est très-nerveux; mais on y remarque des gerçures. Le temps nécessaire pour cingler sous le marteau et étirer entre les cylindres les six boules provenant d'une opération est de douze à treize minutes.

Encore bien que, pendant le travail des puddleurs, il ne soit pas nécessaire qu'il y ait une très-haute température dans le fourneau, sauf vers la fin de chaque opération, c'est-à-dire quand les boules sont formées, cependant il ne faut pas laisser tomber le feu de manière qu'il ne reste pas sur la grille une couche de tourbe enflammée suffisante pour empêcher l'introduction de l'air froid dans le fourneau, à travers l'espace resté libre entre les barreaux. Néanmoins, quatre fois ou environ par vingt-quatre heures, on est obligé de débarrasser complétement la grille, afin d'avoir la facilité de détruire l'espèce de bourrelet de cendres et de matières à demi fondues qui s'est formé autour des parois du foyer, dont il diminue la grandeur à tel point que le fourneau devient assez froid pour rendre la fonte noire, et le travail du puddlage très-pénible et quelquefois presque impossible.

Résultat d'un essai de puddlage en n'employant que de la tourbe.

Pendant notre séjour à l'usine d'Ichoux, nous avons vu faire, le 11 mars 1839, trois opérations, dont chacune a duré deux heures seulement, temps

du chargement de la fonte, du cinglage et de l'étirage des boules compris. Dans ces trois opérations, pour 1.000 kilog. de fer puddlé brut en barres, on a consommé terme moyen :

1.095 kilogr. de fonte truitée, non mazée, du fourneau de Pissos.

2.241 kilogr. ou 10st,142 de tourbe sans addition d'aucun autre combustible.

Résultat du travail au four à puddler durant les trois derniers mois de 1838.

Dans les trois derniers mois de l'année 1838, pendant lesquels les puddleurs n'avaient pas à leur disposition autant de bois qu'ils en avaient eu précédemment, la consommation pour 1.000 kilog. de fer brut puddlé, en barres, a été, savoir :

	kilog.	
Fonte brute	1.126	
Tourbe	2.564,	ou 11st.,656.
Bois de pin en bûches	138,	ou 0, 464.

Résultat du même travail pendant toute l'année 1838.

Enfin, dans toute l'année 1838, le four à puddler a consommé et produit, savoir :

		quintaux métriq.	stères.
Consommations	Fonte brute	4.122	
	Tourbe	8.776, ou	3.989
	Bois de pin en bûches	1.865	627
Produit : fer brut		3.633	

Ainsi, la consommation moyenne dans l'année 1838 a été, pour 1.000 kilog. de fer brut puddlé, savoir :

	kilog.		
Fonte brute	1.135		
Tourbe	2.416,	ou 10st.,98	valant 21f.,41
Bois de pin en bûches	524	1, 726 *id.*	2, 67

Produits par semaine et par 24 heures en 1838.

Dans les fourneaux à puddler, on fait par semaine complète (cinq jours et demi, non compris quatre heures pour chauffer le fourneau) 54 opéra-

tions, dont chacune dure 2 heures 40 minutes, temps du repos (3′) et du cinglage et étirage des boules (12′) compris. Ainsi, d'après le travail de l'année 1838, les consommations et les produits, par vingt-quatre heures ont été, savoir :

		kilog.	
Consommations	Fonte brute	1.767	
	Tourbe	3.762	17st.,10
	Bois de pin	816	2, 687
Produit : fer brut puddlé		1.557	

Comparaison des consommations en houille et en tourbe et bois par quint. mét. de fer puddlé.

Cette production moyenne par vingt-quatre heures est à peu près la même que celle qu'on obtient ordinairement dans les fours à puddler chauffés avec de la houille, et où l'on traite de la fonte mazée. Mais le poids de la tourbe et du bois consommés est plus fort de 40 p. 0/0 que celui de la houille consommée pour obtenir le coke employé dans la finerie, et pour chauffer le four à puddler; ce qui peut être attribué à l'eau que retiennent la tourbe et le bois.

Consommation en combustible et main-d'œuvre par quint. mét. de fer puddlé.

Pour obtenir 1 quintal mét. (100 kil.) de fer brut puddlé (*common blooms*), on fait les frais ci-après, en matières premières et en main-d'œuvre :

113kil.,50 de fonte du fourneau de Brocas à 17f.,50 le quintal mét., dont 15f.,50 pour prix d'achat, et 2f.,00 pour prix du transport de Brocas à Ichoux	19f.,86
241,60 ou 1st.,098 de tourbe à 2f.,05 le stère	2, 14
52,40 ou 0st.,173 de bois de pin en bûches à 1f.,60 le st.	0, 27
Valeur des matières premières	22, 27

Report. . .		$22^{f.},27$
3 puddleurs qui se relèvent successivement lorsque chacun d'eux a fait ses trois opérations.	$1^{f.},40$	
2 garçons de four, ou aides-puddleurs, qui se relèvent successivement toutes les douze heures, à 60 fr. l'un par mois, pendant lequel on fait $3422^{q.m.},55$ de fer brut puddlé. Soit par quintal mét.	0, 35	
2 chauffeurs à 50 fr. l'un par mois. Soit par quintal mét.	0, 29	
2 manœuvres occupés aux transports de la tourbe, du bois, de la fonte, des cendres, etc., à 35 fr. l'un par mois. Soit par quintal mét.	0, 20	2, 53
1 marteleur qui, le cinglage sous le marteau opéré, fait l'office de lamineur, à 45 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 13	
1 preneur ou receveur derrière les cylindres, à 35 fr. par mois. Soit par quintal mét. . .	0, 10	
1 aide-receveur ou leveur, à 20 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 06	
NOTA. Ces trois derniers ouvriers sont aidés par les manœuvres et par les chauffeurs pour présenter le fer aux cisailles, le peser, etc.		
Valeur des matières premières et de la main-d'œuvre, par quintal métrique (100 kilog.) de fer brut puddlé (*common blooms*).		24, 80

Comparaison du prix de la main-d'œuvre dans les fours à puddler et dans les feux ordinaires d'affinerie.

Les frais ($2^{f.},53$) de main-d'œuvre sont, à peu de chose près, deux fois plus considérables qu'ils ne le sont dans la plupart des usines. Ces mêmes frais représentent les 0,82, ou à peu près, des frais ($3^{f.},07$) analogues qu'on fait à la même usine dans les feux d'affinerie chauffés au charbon de bois, pour obtenir du fer en lopins qui ont $0^{m},30$ à $0^{m},35$ de longueur sur $0^{m},10$ d'épaisseur, et qui exigent, par quint. mét., une consommation en fonte de $141^{kil.},68$, et en charbon de bois de pin, de $130^{kil.},10$, ou $2^{harriq.},798$.

La tourbe et le bois de pin ne paraissent pas suffire pour chauffer convenablement les fours à réchauffer.

Si la tourbe seule, et surtout la tourbe avec addition de quelques bûches de bois de pin, donne une chaleur suffisante pour l'opération du puddlage, il ne paraît pas en être ainsi pour le réchauffage du fer brut puddlé. Aussi, dans un temps

donné, consomme-t-on, dans le four à réchauffer, une plus grande quantité de bois de pin que, dans le même temps, on n'en consomme dans le four à puddler, et est-on, en outre, obligé d'ajouter de la houille à la tourbe et au bois.

Consommation et produit d'un four de chaufferie par vingt-quatre heures.

On passe dans le four de chaufferie, par vingt-quatre heures, trois fois le produit, pendant le même temps, du four à puddler, c'est-à-dire :

4.671 kil. de fer brut puddlé.

On consomme en combustible :

3.696 kil., ou	$16^{st.}$,80	de tourbe,
1.488 *id.*	5, 00	de bois de pin en bûches,
380 *id.*	$4^{hect.\ comb.}$,00	de houille.

Le produit est de 4.000 kilog. de fer marchand de toutes sortes de dimensions.

Quand on chauffe des lopins de fer obtenus par l'affinage au charbon de bois, pour faire du fer en verge, on passe dans le four de chaufferie, par vingt-quatre heures, 12 charges du poids l'une de 550 kil. ou environ. Soit ensemble 6.600 kilog. de fer en lopins, qui rendent 6.000 kilog. de fer en verge.

Frais de combustible, de fer brut, de main-d'œuvre, etc., pour obtenir 1 quint. m. de fer marchand puddlé.

Pour obtenir un quintal mét. (100 kilog.) de fer marchand, on fait les frais suivants :

	$116^{kil.}$,28 de fer brut puddlé (ils représentent $131^{kil.}$,96 de fonte), à $24^{f.}$,80 le quintal mét.	$28^{f.}$,83
138, 09	$92^{kil.}$,40, ou $0^{st.}$,420 de tourbe à $2^{f.}$,05 le stère	0, 86
	37, 19, 0, 125 de bois de pin en bûches, à $1^{f.}$,60 le stère	0, 20
	9, 50, $0^{hect.comb.}$,100 de houille à $5^{f.}$,00 l'hectolit. comble	0, 50
	Valeur des matières premières	30, 39

Les 3.633 quintaux métriques de fer brut puddlé, obtenus en 1838, représentent le produit de 9 $\frac{1}{3}$ mois, de vingt-cinq jours l'un,

A reporter. . . . 30, 39

Report. . . . . $30^{f.}$,39

de travail au four à puddler. Pour passer cette quantité de fer au four de chaufferie, il faut 3 $\frac{1}{10}$ mois de travail, à raison de 1.174 quintaux métriques par mois. Pour fendre 6.420 quintaux métriques de fer en lopins qu'on obtient, à peu de chose près, pendant les douze mois de travail des trois feux d'affinerie chauffés au charbon de bois, il faut 3 $\frac{9}{10}$ mois de travail, à raison de 1.646 quintaux métriques par mois. Ainsi, le four à réchauffer ne travaille que sept mois entiers sur douze, ce qui, pour les ouvriers payés à l'année, augmente les gages mensuels dans le rapport de 1 à 1,7143, ou environ.

Main-d'œuvre :

2 rouleurs de combustibles et de cendres, à 35×1,7143 fr. l'un par mois, pendant lequel on fait 1.008 quintaux mét. de fer. Soit par quintal mét.	$0^{f.}$,12	0, 58
2 chauffeurs à 90×1,7143 fr. l'un par mois. Soit par quintal mét.	0, 31	
2 aides-chauffeurs à 45×1,7143 fr. l'un par mois. Soit par quintal mét.	0, 15	
1 maître lamineur à 150×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 26	0, 76
5 aides, dont un premier aide-lamineur, 2 tireurs et 2 leveurs de lames, payés par mois : 60—55—50, et les deux derniers 45 fr. chacun ; le tout multiplié par 1,7143. Soit par quintal mét.	0, 43	
2 dresseurs de lames à 20×1,7143 par mois chacun. Soit par quintal mét.	0, 07	

A reporter. . . . 31, 73

Report. . . .		31f.,73
1 tourneur de cylindres à 150×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 26	
1 aide-tourneur à 90×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 15	
1 forgeron de main à 70×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 12	
1 aide-forgeron à 45×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 08	0, 81
1 charpentier à 70×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 12	
1 aide-charpentier à 45×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 08	
2 commis payés, l'un 150 × 1,7143, et l'autre 200 × 1,7143 fr. par mois. Soit par quintal mét.		0, 60
Fournitures de bureau, chauffage des ouvriers et employés, éclairage, graissage des artifices, fournitures et journées diverses pour l'entretien de l'usine, contributions, patente, frais d'écurie, etc., 500×1,7143 par mois. Soit par quintal mét.		0, 85
Intérêts { à 5 p. 0/0 l'an, d'une somme de 200.000 fr., représentant la valeur probable de l'usine. Soit par mois 833,33×1,7143 fr., ou par quintal mét..		1, 42
Intérêts { à 6 p. 0/0 l'an, pour six mois, du prix de revient 33f.,99 du quintal mét. de fer, non compris les intérêts.		1, 12
Prix probable de revient d'un quintal mét. de fer puddlé marchand.		36, 53

Prix des fers courants.

Les fers dont les dimensions sont les plus demandées sont les carrés de 11 $\frac{1}{4}$ millimètres et au-dessus, qui se vendaient, au commencement de 1839, 45 à 43, ou prix moyen, 44 fr. avec escompte de 3 p. 0/0 pour six mois et au comptant. Après ces carrés viennent les fers plats de 27 à 40 $\frac{1}{2}$ millimètres sur 5 $\frac{1}{2}$ à 6 $\frac{3}{4}$ millimètres, qui se vendent 45 fr. aux conditions ci-dessus. Ainsi, payé comptant, ces deux sortes de fer se vendent, prix moyen, 43f.,17, et laissent par suite un bénéfice *probable* de 7f.,10 par quintal métrique. Malheu-

[illegible] il s'en vend peu, et tout semble annoncer une baisse dans le prix des fers.

Afin qu'on puisse comparer les deux modes d'affinage de la fonte dans les fours à réverbère chauffés avec la tourbe et le bois de pin en bûches, et dans les feux ordinaires d'affinerie chauffés au charbon de bois de pin, on va consigner ici les résultats obtenus par ce dernier mode d'opérer.

Pour 1 quintal mét., ou 100 kilog. de gros lopins de fer obtenus dans les trois feux d'affinerie de l'usine d'Ichoux, on fait, en matières premières et en main-d'œuvre, les frais ci-après : Frais pour obtenir 1 q. m. de fer en lopins, dans les feux chauffés au charbon de bois.

141$^{kil.}$,68 de fonte à 17$^{f.}$,50 le quintal métrique.		24,$^{f.}$80
130, 10, ou 2$^{barriq.}$,798, ou 0$^{st.}$,747 de charbon de bois de pin, à 4$^{f.}$,30 le quintal métrique.		5, 60
271, 78 = poids des matières premières, valant ensemble.		30, 40
9 forgerons pour les trois feux, faisant ensemble, par mois, 535 quintaux mét. de fer en lopins, payés à raison de 2$^{f.}$,60 le quintal mét. après déduction de 6 p. 0/0. Soit le quintal mét.	2$^{f.}$,45	3, 07
7 gars à 40 fr. l'un par mois. Soit par quintal métrique de fer.	0, 53	
1 rouleur de charbon à 50 fr. par mois. Soit par quintal mét.	0, 09	
1 marteleur, ouvrier chargé de l'entretien du marteau et du montage des feux, payé 150 fr. par mois. Soit par quintal mét.		0, 28
Total, ou valeur des matières premières et de la main-d'œuvre.		33, 75

Si, au lieu de porter le prix du charbon sur l'ancien taux (2 fr. la barrique, ou 4$^{f.}$,30 le quint. mét.), on l'eût porté sur le nouveau (1$^{f.}$,60 la barrique, ou 3$^{f.}$,44 le quintal mét.), la valeur des matières premières et de la main-d'œuvre, pour 1 quintal mét. de fer en lopins, ne se serait élevée qu'à 32$^{f.}$,63.

Frais pour obtenir 1 q. m. de fer en verge.

Pour obtenir 100 kilog. de fer en verge, on fait les frais suivants :

111kil.,00	de fer en lopins, à 33f.,75 le quintal mét.		37f.,46
139 ,09	92kil.,40, ou 0st.,420 de tourbe, à 2f.,05 le stère.	0f.,86	1, 56
	37kil.,19, ou 0st.,125 de bois de pin, à 1f.,60 le stère.	0, 20	
	9kil.,50, ou 0hect. comb.,100 de houille, à 5 fr. l'hect. comble.	0, 50	
250 ,09	= poids des matières premières, valant ensemble.		39, 02

Main-d'œuvre :

2	rouleurs de combustibles, à 35×1,7143 fr. l'un, par mois, pendant lequel on obtient 1.483 quintaux métriques de fer en verge. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0f.,08	0, 39
2	chauffeurs, à 90×1,7143 fr. l'un, par mois. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 21	
2	aides-chauffeurs, à 45×1,7143 f. l'un, par mois. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 10	
1	maître lamineur, à 150×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 18	0, 42
3	aides, dont 2 tireurs de lames, à 60—55 et 50, ×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 19	
2	leveurs de lames, à 20×1,7143 fr. l'un, par mois. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 05	
1	fendeur, payé 1.800 fr. par an. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 31	0, 51
1	aide-fendeur, à 45×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 05	
2	tireurs de verge, à 45×1,7143 fr. par mois l'un. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 10	
2	pinceurs de verge, payés ensemble 40×1,7143 fr. par mois. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 05	
6	femmes ou enfants occupés à dresser la verge. Soit par quintal mét. de fer en verge.	0, 25	0, 53
1	botteleur, payé 1.200 fr. par an. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 20	
1	aide-botteleur, payé 480 fr. par an. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 08	

A reporter. . . . 40f.,87

Report.	40f.,87
1 tourneur de cylindres, 1 aide-tourneur, 1 forgeron de main, 1 aide, 1 charpentier, 1 aide, payés par mois, comme il a été dit précédemment. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 54
2 commis, payés par mois comme il a été dit précédemment. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 40
Fournitures de bureau, etc., comme il a été dit précédemment. Soit par quintal métrique de fer en verge.	0, 58
Intérêts { à 5 p. o/o l'an, d'une somme de 200.000 fr., représentant la valeur probable de l'usine, comme il a été dit ci-dessus. Soit par mois 833.33×1,7143 fr., ou par quintal métrique de fer en verge.	0, 96
Intérêts { à 3 p. o/o pour six mois du prix de revient 42f.,39 du fer en verge, non compris les intérêts. Soit par quintal métrique.	1, 27
Prix probable de revient d'un quintal métrique de fer en verge.	44, 62
Au prix récent d'achat (1f.,60) de la barrique de charbon, ce prix probable de revient se réduirait à . .	43, 34

Les dimensions ordinaires du fer en verge sont de 9 à 11 $\frac{1}{4}$ millimètres. En 1839 on le vendait 49 francs avec escompte de 3 p. o/o pour 6 mois.

Le fer puddlé obtenu en chauffant les fours à puddler avec des combustibles *ligneux* (tourbe et bois de pin) est très-nerveux ; à peine y remarque-t-on quelques parties lamelleuses. Ce résultat semble être l'opposé de celui qu'on observe dans les fers puddlés à la houille. Le nerf du fer puddlé d'Ichoux est noir ; mais ce fer se laisse bien souder et percer à chaud, dans un sens surtout. Ce même fer résiste assez bien à la traction, et se laisse généralement bien plier à froid ; aussi en fait-on usage pour la fabrication des chaînes-câbles dans la petite usine de Saint-Esprit, près de Bayonne.

Dans l'usine d'Ichoux, on ne convertit en fer en verge que le produit des feux d'affinerie chauffés au charbon de bois, parce que le fer puddlé ne se

laisse étirer en pointe que lorsque la pointe doit être plate. La totalité de ce produit des feux ordinaires d'affinerie est passée à la fenderie pour en obtenir du fer fendu de 9 à 11 ½ millimètres, qui jouit d'une grande réputation de bonne qualité; aussi est-il très-recherché par les cloutiers. Dans les dimensions supérieures à celles-ci, ce fer n'est pas aussi estimé.

MÉMOIRE

Sur l'âge géologique des couches anthracifères du département de l'Isère;

Par M. Scipion GRAS, Ingénieur des Mines.

Une des formations les plus remarquables des Alpes est celle des grès et des schistes à anthracite que l'on observe sur les deux versants de la chaîne centrale, principalement dans la partie comprise entre le Mont-Pelvoux et le Mont-Blanc. Les géologues qui se sont occupés de ces couches ont singulièrement varié dans l'appréciation de leur âge géologique. Dolomieu pensait que l'anthracite des Alpes appartenait exclusivement aux terrains primitifs, et sur son autorité, plusieurs naturalistes n'ont pas assigné d'autre gisement à ce combustible. M. Héricart de Thury est le premier qui ait relevé cette erreur. Dans une notice sur le Clot-Chevalier en Oisans (1), il a fait voir que, dans cette localité, l'anthracite était associé à des roches arénacées et à des schistes argileux remplis d'impressions végétales, que par conséquent il se trouvait dans un terrain secondaire; plus tard, dans un savant mémoire sur la constitution géologique de la Tarentaise, publié en 1808 (2), M. Brochant a prouvé que les couches anthracifères de cette contrée étaient, comme celles de l'Oisans, associées à des

(1) *Journal des mines*, tome 14, page 161.
(2) *Journal des mines*, tome 23, page 321.

schistes noirs impressionnés, à des poudingues quartzeux et à des schistes micacés; que ces roches alternaient elles-mêmes avec des calcaires grenus, des poudingues calcaires et des quartz compactes; que ces diverses couches appartenaient par conséquent à une même formation évidemment différente des terrains primitifs. Comparant ensuite les couches qui, dans les Alpes, présentent tous les caractères de ces derniers terrains à celles qui renferment l'anthracite et les empreintes végétales, M. Brochant a fait remarquer qu'il existait entre elles de nombreuses analogies et des passages insensibles, d'où il a conclu que le terrain de la Tarentaise était *de transition*, et que, vu sa liaison avec les roches primitives, il devait être considéré comme un des plus anciens de cette espèce. Cette conclusion, appuyée sur des faits positifs et parfaitement en harmonie avec les principes géologiques adoptés en 1808, a pendant longtemps été regardée comme d'une vérité incontestable.

En 1827, M. Élie de Beaumont, en parcourant les environs de Petit-Cœur en Tarentaise, découvrit des bélemnites dans des couches argilo-calcaires de cette localité, et acquit la preuve que ces couches alternaient avec des grès et des schistes noirs impressionnés; que, par conséquent, elles faisaient partie du grand dépôt schisteux et arénacé décrit par M. Brochant. Ce fait nouveau, constaté par un observateur aussi habile, était déjà suffisant pour faire sortir de la classe des terrains de transition les couches anthracifères de la Tarentaise. M. Élie de Beaumont est allé plus loin. En suivant le prolongement de ces couches dans la Maurienne, puis leur liaison avec celles qui constituent la mon-

tagne du Chardonnet, dans le département des Hautes-Alpes, il a fait voir par une suite de superpositions incontestables que les couches des environs de Petit-Cœur étaient les premiers termes d'une immense série de schistes argileux, plus ou moins calcaires, et de grès à anthracite, dont la partie supérieure constituait les sommités du Chardonnet; que toutes ces couches, où l'on rencontre parfois des bélemnites, des pentacrinites, des ammonites et d'autres fossiles, appartenaient à une seule formation, dont l'épaisseur totale, comptée perpendiculairement aux plans de la stratification, était au moins de *deux mille mètres*. Quoique mes propres observations ne puissent rien ajouter à l'autorité du célèbre géologue que je viens de citer, je dirai cependant que son évaluation ne m'a paru nullement exagérée. C'est ce dont on se convaincra facilement en étudiant la formation dont il s'agit, depuis les environs de la Grave, où sa partie inférieure, correspondant aux couches de Petit-Cœur, repose immédiatement sur le terrain de gneiss, jusqu'au sommet du Chardonnet où elle paraît se terminer par une assise puissante de grès quartzeux avec anthracite et empreintes végétales. On peut faire ce trajet de près de dix-huit kilomètres de longueur en suivant presque continuellement une direction perpendiculaire à celle des couches, qui toutes plongent plus ou moins vers la région est et sont intimement liées entre elles. On sait que, dans la série des formations, les bélemnites n'ont pas descendu jusqu'à présent au-dessous du terrain jurassique. En se fondant sur ce caractère zoologique et sur la liaison des schistes de la Maurienne avec ceux des environs de Digne (Basses-Alpes), reconnus pour appartenir au lias, M. Élie de Beau-

mont a émis l'opinion qu'il fallait rapporter à ce dernier terrain la série entière des couches anthracifères dont nous avons parlé et en général les couches de même nature que l'on observe dans le Dauphiné et dans d'autres parties des Alpes : car, il est à remarquer que les empreintes végétales qui accompagnent les schistes à anthracite, soit à Petit-Cœur, soit au Chardonnet, c'est-à-dire aux deux extrémités de la formation, se trouvent aux environs de la Mure, à Valbonnais, au Mont-de-Lens et dans d'autres lieux; ce qui semble indiquer que tous ces dépôts, quoique situés à des étages différents, appartiennent cependant à la même époque géologique.

L'opinion de M. Élie de Beaumont, adoptée par la plupart des géologues, n'a été admise qu'avec beaucoup de réserve par quelques autres, qui ont fondé principalement leurs doutes sur la nature des végétaux enfouis dans les formations à anthracite. Il résulte, en effet, de l'examen que M. Adolphe Brongniart a fait d'un grand nombre d'empreintes recueillies à Petit-Cœur, au Chardonnet, aux environs de Briançon, à Valbonnais, à la Motte, au Peychagnard et ailleurs, que ces végétaux sont identiques avec les espèces les plus caractéristiques des terrains houillers, tandis qu'ils n'ont aucun rapport avec les plantes propres au lias et aux terrains oolitiques. Pour concilier ce fait avec son opinion, M. Élie de Beaumont a supposé que les fossiles, dont il s'agit, ne provenaient pas d'une végétation locale, ce qui est assez vraisemblable d'après les circonstances de leur gisement; mais que des courants les avaient amenés de régions lointaines, où les plantes houillères croissaient encore pendant que le lias se déposait

dans nos contrées. Cette explication, quelque ingénieuse qu'elle soit, n'est pas à l'abri de toute objection. En supposant qu'à l'époque du lias, certaines portions du globe conservassent la végétation houillère, il faut nécessairement admettre que dans beaucoup d'autres lieux, et particulièrement en Europe, celle des formations jurassiques était devenue dominante. Par conséquent, il est naturel de croire que, si les dépôts anthracifères des Alpes datent de cette époque, les courants ont dû y charrier un mélange de plantes diverses, les unes appartenant à la flore des dépôts houillers, les autres à celle des terrains postérieurs jusqu'au lias inclusivement : or, d'après M. Adolphe Brongniart, ce mélange n'existe pas. Parmi les débris de plantes que ce savant a examinés, aucuns n'ont pu être rapportés sûrement à une époque plus récente que celle des houilles.

Les caractères zoologiques des couches à anthracite des Alpes, et la nature des plantes qui y sont enfouies, conduisant à des conséquences différentes, il me semble que l'on doit renoncer à l'examen des fossiles pour la classification de ce terrain, et qu'il faut recourir aux moyens que nous fournit la géologie proprement dite, c'est-à-dire aux discordances de stratification et aux autres caractères d'indépendance qui sont encore les règles les plus sûres que nous ayons pour distinguer les formations. C'est ce que j'ai essayé de faire pour les dépôts anthracifères du département de l'Isère, en étudiant leurs relations géologiques avec les terrains supérieurs et inférieurs. On verra bientôt que mes conclusions sont différentes de celles de M. Elie de Beaumont, mais je ferai avant une remarque essentielle, c'est qu'il n'est pas sûr

à mes yeux que les gîtes d'anthracite du département de l'Isère doivent être rapportés à la puissante formation arénacée et schisteuse qui renferme des couches du même combustible dans les Hautes-Alpes. Au premier abord, ce doute paraîtra peu fondé, surtout à cause de l'identité des restes végétaux trouvés dans ces différents dépôts; mais à ce trait de ressemblance on peut opposer d'autres considérations purement géologiques; considérations qui, à mon avis, sont plus concluantes, surtout dans les Alpes, où il est bien reconnu aujourd'hui que les fossiles présentent de grandes anomalies. Il est donc possible que l'opinion de M. Elie de Beaumont, sur l'âge géologique de la formation anthracifère des Hautes-Alpes et de la Maurienne, soit fondée : je n'ai aucune preuve du contraire; mais il n'en est pas de même si l'on considère les couches à anthracite du département de l'Isère; les observations, que je vais maintenant exposer avec détails, me semblent prouver qu'elles sont bien réellement indépendantes du terrain jurassique.

Gisement de l'anthracite aux environs de la Mure.

De tous les gîtes d'anthracite exploités dans le département de l'Isère, les plus remarquables, par la puissance de ce combustible et par le développement des roches qui l'accompagnent, sont situés aux environs de la Mure, sur le bord occidental d'une vallée qui s'étend depuis ce bourg jusqu'à Laffrey. Les montagnes qui renferment les exploitations n'ont pas plus de 1200 ou 1300 mèt. de hauteur au-dessus du niveau de la mer; elles sont composées de trois systèmes de couches faciles à distinguer dans leur ensemble, savoir : de schistes talqueux, de grès avec anthracite et de roches calcaires plus ou moins argileuses.

Les schistes talqueux qui constituent les couches les plus anciennes ne sont à découvert que sur un petit nombre de points. Ils forment, aux environs de Saint-Théoffrey, sur une longueur de près de deux kilomètres, la base d'une montagne qui borde les lacs de Pierre-Châtel et de Petit-Chet. On les retrouve plus au sud, entre le village de Pierre-Châtel et le hameau de Puteville, ils sont surtout développés au nord du Peychagnard d'où ils s'étendent jusqu'au ravin de la Motte-Saint-Martin. Ces schistes, tout à fait semblables à ceux d'Allevard et de Vaulnaveys, ont une structure tantôt fibreuse et tantôt écailleuse; ils renferment fréquemment des veines et des filons de quartz. On y trouve aussi des filons de fer spathique avec cuivre gris, cuivre pyriteux et fer sulfuré. Vus de près, ils paraissent être une accumulation de paillettes talqueuses grises mêlées à de petites lamelles de quartz, et quelquefois à de petites veines feldspathiques. Leurs strates, en général très-contournés et très-inclinés, affectent le plus souvent la direction du nord-nord-est. Ces roches talqueuses reparaissent au nord de Saint-Théoffrey, sur les bords du lac Mort, et plus loin, entre Mésage et Saint-Barthélemy, où elles passent au gneiss. Il n'est pas douteux, par conséquent, qu'elles n'appartiennent à la grande formation de gneiss et de schistes talqueux des montagnes de l'Oisans que jusqu'à présent l'on a considérée comme primitive.

Les couches arénacées qui renferment l'anthracite, offrent une assez grande variété de roches. On y distingue des grès fins micacés, d'autres quartzeux à texture grenue, des schistes argileux noirs ne faisant pas effervescence avec les acides, des schistes

talqueux semblables à ceux des terrains dits primitifs, des bancs de quartz compacte passant au grès, enfin des espèces de grauwackes à gros grains, formées de fragments de quartz et de schiste plus ou moins gros, réunis par un ciment argilo-talqueux. Ces diverses roches alternent ensemble et affectent la même direction et les mêmes allures de stratification que les schistes talqueux. Leur plus grande épaisseur ne surpasse pas 250 à 300 mètres. Les schistes argileux, surtout ceux qui avoisinent l'anthracite, renferment beaucoup d'empreintes végétales parmi lesquelles M. Adolphe Brongniart a reconnu des *lepidodendron* et des *sigillaria*, genres qui ne sont connus jusqu'à présent que dans les terrains houillers. On n'y trouve pas de bélemnites ni même de fossiles appartenant au règne animal, du moins je n'en connais aucune citation sûre (1). Le terrain anthracifère occupe à peu près tout l'espace compris entre les villages de Notre-Dame-de-Vaulx, de Monteynard, de la Motte d'Aveillans et de Pierre-Châtel. C'est là que se trouvent de nombreuses couches de combustible dont quelques-unes atteignent 10 à 12 mètres de puissance. Plusieurs sont repliées sur elles-mêmes en zig-zag, ou se relèvent

---

(1) Dans une notice insérée dans le Bulletin de la Société géologique de France, tome 4, page 405, MM. de Montalembert et Bertrand-Geslin disent avoir observé, entre le Peychagnard et les marais de la Mure, des affleurements d'un calcaire noir qui plongeait sous les exploitations d'anthracite, et qui renfermait des bélemnites, des gryphées et des térébratules. Comme ces deux géologues ne se sont pas assurés d'une manière bien positive si le calcaire noir était intercalé dans les grès à anthracite, leur citation me paraît douteuse. Il serait possible que les couches observées appartinssent à un lambeau détaché du terrain jurassique.

de tous côtés pour former le berceau. En général, elles affectent tous les accidents qui caractérisent les couches houillères. Les grès avec anthracite se montrent aussi au sommet de la montagne de Sagneroux, aux environs du Peychagnard et à Simane, commune de Prunières. Dans ces derniers lieux, ils sont peu étendus et disparaissent bientôt sous le terrain calcaire dont il nous reste à parler.

La première assise de ce terrain est un banc calcaire cristallin, gris, pétri d'entroques circulaires, et renfermant des pentacrinites, des plagiostomes et des bélemnites. Il est exploité comme marbre, au-dessus de la mine d'anthracite de Rocher-Blanc, et tout près du village de Laffrey. On l'observe aussi à Simane et à Nantison près de la Mure. Dans ces divers lieux, assez distants les uns des autres, il conserve les mêmes caractères minéralogiques; partout il repose immédiatement sur les grès à anthracite. A ce banc calcaire succède une longue série de schistes argilo-calcaires, de marnes et de calcaires plus ou moins solides, qui s'étend jusqu'au delà des vallées de l'Isère et de la Gresse, où elle se termine par une assise épaisse d'un calcaire gris, compacte, souvent traversé par de nombreux petits filons blancs de calcaire spathique. Cette assise, qui est précisément celle où l'on a bâti les fortifications de la Bastille à Grenoble, est considérée par la plupart des géologues comme étant la partie la plus élevée des couches jurassiques dans cette région des Alpes. Cette formation argilo-calcaire est comparable, par sa puissance et ses fossiles animaux, à celle que M. Elie de Beaumont a signalée dans la Maurienne et dans les Hautes-Alpes, mais elle en diffère par l'absence

complète de couches arénacées avec anthracite et empreintes végétales, en sorte qu'il n'y a aucune raison pour ne pas la ranger dans le groupe oolitique.

Après cette indication succincte des différents systèmes de couches que l'on rencontre aux environs de la Mure, nous allons examiner quelles sont les relations géologiques des grès anthracifères, soit avec les schistes talqueux, soit avec le terrain jurassique.

Nous avons dit que les schistes talqueux étaient inférieurs aux grès à anthracite. Le contact immédiat de ces roches ne s'aperçoit que rarement à cause des bois qui les couvrent presque partout. Le point où cette jonction s'observe avec le plus de facilité est situé sur le bord d'un ravin profond qui limite au nord les exploitations du Peychagnard. Si de la mine de Rocher-Blanc qui fait partie de ces exploitations, on descend vers le hameau du Crêt, on marche d'abord sur une grande épaisseur de grès et de schistes argileux dont les couches extrêmement tourmentées plongent en général vers le sud-est. Lorsqu'on est arrivé sur un petit mamelon au pied duquel sont les maisons qui composent le Crêt, on voit les schistes talqueux succéder au grès à anthracite, sans qu'il y ait aucun changement appréciable dans la stratification des couches ni même dans leur aspect extérieur. Cette transition insensible a lieu au moyen de schistes argilo-talqueux dont la cassure transversale offre d'abord une structure arénacée distincte, qui se chargent ensuite de plus en plus de lamelles talqueuses, et passent enfin à de véritables schistes talqueux. La fusion des deux espèces de roches n'a lieu, à la vérité, que sur un très-petit espace

parallèlement à leur ligne de jonction, mais là elle est si parfaite qu'une ligne de démarcation précise serait impossible à tracer.

On peut encore observer le contact des schistes talqueux et des grès à anthracite au-dessus du chemin qui conduit aux exploitations de Sagneroux, vis-à-vis des chalets, nommés *les Granges*. Il faut pour cela gravir jusqu'à une hauteur de 40 ou 50 mètres l'escarpement de la montagne qui borde à gauche le chemin. Ici la roche qui sert à lier les deux systèmes de couches est la grauwacke à gros grains dont nous avons parlé plus haut. Cette roche fragmentaire est dans cet endroit un véritable schiste talqueux dans lequel se trouvent disséminés des morceaux anguleux de quartz et d'un schiste semblable à celui de la pâte. Il y a de nombreux passages entre elle et les schistes talqueux purs, par la diminution successive des fragments empâtés qui finissent par disparaître entièrement. D'un autre côté, cette grauwacke se liant à des grès quartzeux et à d'autres roches arénacées, commence la série des couches anthracifères. En descendant le chemin de Sagneroux pour aller au carrefour de la Festinière, on observe des indices de la même grauwacke au milieu même du terrain de schiste talqueux; elle alterne avec ces schistes à plusieurs reprises, et paraît s'y fondre insensiblement. Il résulte de ces faits qu'il y a une liaison aussi intime que possible entre les couches anthracifères et les schistes talqueux.

Les relations des grès à anthracite, avec le terrain calcaire supérieur, ne sont pas, au premier abord, faciles à reconnaître. Les premières couches de ce terrain sont, comme nous l'avons dit, des bancs de calcaire cristallin qui reposent immédia-

tement sur les grès. Cette superposition se voit très-nettement sur les bords du grand lac de Laffrey, au-dessus du hameau de Peychagnard et à l'ouest de Nantison, tout près de la Mure. Dans cette dernière localité, les deux terrains m'ont paru n'avoir entre eux aucune liaison (1). On conçoit que cette seule observation ne serait pas suffisante pour établir leur indépendance; car, aux environs de la Mure, les couches sont tellement bouleversées et contournées qu'une simple apparence de stratification discordante pourrait bien induire en erreur, mais depuis peu des travaux exécutés dans la mine de Rocher-Blanc ont amené la découverte d'autres faits qui sont décisifs. On exploite à Rocher-Blanc une couche d'anthracite dont l'épaisseur moyenne est de 8 à 9 mètres, et qui est dirigée vers l'est-nord-est avec une inclinaison variable du côté du sud. La partie supérieure de cette couche, où sont situés les travaux d'exploitation, a pour toit précisément les bancs de calcaire cristallin qui forment la première assise du terrain jurassique. Ces bancs coupés à pic font plusieurs inflexions sur les flancs de la montagne, et peuvent se suivre d'une manière continue pendant plus d'une demi-lieue, jusqu'au hameau du Villaret. Il existe, dans cette dernière localité, une autre couche de combustible à peu près de même direction et de même épaisseur que celle de Rocher-Blanc, et comme elle est située immédiatement au-dessous du calcaire, d'après cette identité de

(1) C'est aussi le jugement qu'ont porté MM. Gueymard et de Villeneuve, ingénieurs des mines, et M. Ruelle, minéralogiste très-instruit, dans un voyage que nous fîmes ensemble sur les lieux en 1837.

position, on a cru, pendant longtemps, que ces deux couches, malgré leur distance, étaient le prolongement l'une de l'autre; mais, dans le courant de 1837, de nouvelles explorations, faites à la mine de Rocher-Blanc, ont montré que la couche d'anthracite, d'abord parallèle au calcaire sur une certaine étendue, prenait ensuite une inclinaison plus rapide et s'en éloignait considérablement. Des galeries, qui ont été dirigées, à partir du toit de l'anthracite, contre le calcaire jurassique, ont prouvé qu'il y avait entre deux plusieurs couches de grès, de schistes et même de combustible, toutes inclinées comme le gîte principal et allant couper, sous un angle sensible, les bancs calcaires situés au-dessus. On s'est assuré également que la couche d'anthracite du Villaret était oblique par rapport à ce calcaire, et qu'il en était de même d'une autre couche puissante située près du Peychagnard et nommée *Mine de l'Eperon*. Comme toutes ces couches plongent dans le même sens, il en résulte que les gîtes du Villaret et de Rocher-Blanc, considérés d'abord comme des équivalents, sont en réalité séparés par une grande épaisseur de terrain anthracifère, dont les strates sont nécessairement coupés en biseau par le calcaire cristallin supérieur. La *fig.* 1, *Pl. VII*, montre cette disposition des couches, qui prouve que le terrain jurassique est tout à fait indépendant de la formation des grès.

Grès à anthracite de l'Oisans.

Nous venons de voir qu'aux environs de la Mure il y avait une liaison intime entre les grès à anthracite et les schistes talqueux regardés comme primitifs; nous allons maintenant prouver que ces deux espèces de roches ne doivent pas être séparées géologiquement. Il existe dans l'Oisans un système

de couches à anthracite peu épais, mais que l'on peut suivre sur une grande étendue. Il se divise en deux bandes distinctes : la première, qui est la principale, n'a pas plus de 150 mètres de puissance, elle commence au rocher de Ferrarey, un peu à l'ouest du village de Venosc; de là se dirigeant du sud au nord, elle passe par le col des Mées, tout près du hameau de Bons, entre les villages d'Auris et du Freney, au-dessus des pâturages d'Huez, et enfin va disparaître sous les glaciers qui recouvrent le versant occidental de la chaîne des Grandes-Rousses. Sur toute cette longueur, qui est au moins de 12 kilomètres, sa trace est marquée de distance en distance par des exploitations d'anthracite dont les principales se trouvent sur le territoire de Venosc, du Mont-de-Lens et d'Huez. Les gîtes exploités sont peu épais et d'une allure irrégulière; ils renferment souvent des empreintes végétales semblables à celles que l'on rencontre aux environs de la Mure. La seconde bande de grès anthracifère, parallèle à la première et à peu près de même épaisseur, se montre à découvert au-dessous du village du Mont-de-Lens; elle coupe la grande route un peu à l'est du Freney, et de là s'élève sur le revers oriental des Rousses : il paraît même qu'elle se prolonge jusqu'au col de la petite Olle, où on l'aperçoit le long de la descente qui conduit à Saint-Sorlin-d'Arve en Maurienne. Ces grès anthracifères sont associés à des bancs de gneiss et de schistes talqueux dont nous parlerons bientôt. Au-dessus on observe des schistes argilo-calcaires, exploités souvent comme ardoises, qui renferment des bélemnites et des ammonites, et que nous regarderons, avec M. Elie de Beaumont, comme contemporains de l'époque jurassique. Ces

couches sont coupées à peu près perpendiculairement à leur direction par une fente étroite et très-profonde, dans laquelle coule la Romanche. Les parois presque verticales de cette fente présentent une belle coupe de plus de 300 mètres de hauteur, qui dévoile les relations géologiques des divers systèmes de roches que nous avons signalés. Par une circonstance heureuse pour le géologue, la grande route du Bourg d'Oisans à Briançon a été taillée presque partout dans le rocher, à mi-hauteur de l'escarpement ; ce qui donne une grande facilité pour étudier la succession des couches et leurs rapports de position.

Lorsqu'on quitte la plaine du Bourg d'Oisans, pour remonter la vallée de la Romanche, après avoir passé le pont Sainte-Guillerme, on commence à marcher sur le terrain de gneiss qui constitue la base de la plupart des montagnes voisines. Les principales roches qui composent ce terrain, dans cette partie de l'Oisans, sont :

1° Des bancs de feldspath compacte ou sublamellaire, ordinairement gris-verdâtres, qui ont fréquemment une tendance à devenir schisteux par l'interposition de lamelles talqueuses ;

2° Des gneiss très-feldspathiques dont l'élément foliacé est ordinairement du talc chloriteux, et qui offrent de nombreuses variétés sous le rapport de la texture et des principes constituants ; quelquefois ils prennent la structure granitique et constituent des protogines bien caractérisées, dont les divisions par lits ne sont visibles qu'en grand ; ailleurs ils passent au schiste talqueux par des transitions insensibles ;

3° Des schistes talqueux plus ou moins fissiles de couleur verte ou gris-verdâtre, qui deviennent

souvent très-feldspathiques, et prennent l'apparence d'une roche homogène presque compacte.

Ces diverses roches alternent ensemble et sont intimement unies sur quelques points, elles renferment des couches subordonnées de diorite ou d'amphibolite schisteuse; on y observe aussi des filons de quartz et d'épidote avec cristaux d'albite, et, ce qui est remarquable, des nids et de petites veines de spath calcaire. En général, ce terrain est bien stratifié, il y a souvent des changements brusques de constitution minéralogique d'une couche à l'autre, ce qui rend leur séparation très-nette. Près du pont Sainte-Guillerme, les couches sont dirigées vers l'ouest-nord-ouest avec une forte inclinaison vers le nord-nord-est. En continuant à remonter la Romanche, leur direction se modifie et se rapproche beaucoup de la ligne nord-sud; leur inclinaison est toujours dans le même sens, c'est-à-dire du côté de l'est. Dix minutes après avoir dépassé le hameau de la Rivoire, on arrive à un coude formé par la grande route, d'où l'on commence à apercevoir l'ouverture d'une longue galerie percée dans les rochers pour son passage; l'on a alors sur sa droite des escarpements de gneiss, dont les couches, dirigées vers le nord-15°-ouest, ont une inclinaison de 70 à 80 degrés vers l'est. A ces rochers de gneiss, qui alternent avec des bancs feldspathiques sur une longueur de 60 mètres environ, succèdent des schistes talqueux gris-verdâtres, assez semblables à ceux que l'on observe près de la Mure et d'Allevard. Ils ont la même stratification que les bancs de gneiss précédents, et leur sont intimement liés. En continuant à s'avancer, et quelques pas au delà d'un petit ravin où un filet d'eau

tombe en cascade sur la route, on voit les schistes talqueux, qui étaient feldspathiques et d'un aspect cristallin, devenir peu à peu terreux, très-feuilletés et passer à des schistes argileux noirs, qui alternent eux-mêmes avec des grès micacés et des grès quartzeux grenus. Ce système de grès et de schistes qui, à quelques pas de là, au-dessous de la grande route, renferme des indices d'anthracite, est précisément la première bande de grès anthracifères que nous avons dit s'étendre depuis Venosc jusqu'aux Rousses. Dans cet endroit, sa puissance totale est au-dessous de 100 mètres; ces grès s'enfoncent bientôt sous des schistes talqueux semblables aux précédents, et avec lesquels ils offrent une liaison tout aussi intime. L'épaisseur de ces derniers schistes est au moins de 300 mètres; ils conduisent jusqu'à l'entrée de la galerie, où ils plongent à leur tour sous un banc épais d'une roche feldspathique un peu grenue. Après ce banc, évidemment supérieur à toutes les couches que nous venons d'indiquer, commence une série de gneiss et de schistes feldspathiques encore plus élevés, et qui ne diffèrent en rien de ceux que l'on rencontre ailleurs dans l'Oisans. En suivant la grande route, on ne peut observer avec facilité le contact des grès à anthracite avec les schistes talqueux immédiatement supérieurs, à cause des débris descendus du sommet de la montagne. Pour bien voir la jonction de ces roches, il faut descendre par un sentier presque jusqu'au bord de la Romanche, dans un lieu où l'on a exploré autrefois des indices d'anthracite; là, le système de grès et de schistes argileux qui renferme ce combustible est à découvert sur toute sa largeur, et l'on reconnaît évi-

demment qu'il a pour toit et pour mur des schistes talqueux bien caractérisés, que la stratification est parfaitement concordante, et qu'il y a passage minéralogique d'une espèce de roche à l'autre. Quant à la liaison des schistes talqueux avec les roches de gneiss supérieures et inférieures, elle n'est pas moins claire. On peut l'observer commodément, soit sur la route, soit au-dessous; cette intercalation des couches à anthracite au milieu du terrain de gneiss peut même être saisie d'un seul coup d'œil, en considérant les escarpements qui bordent la rive opposée de la Romanche. De ce côté, le prolongement de toutes les couches dont nous venons de parler est coupé à pic sur une grande longueur, et sur une hauteur de plus de 150 mètres. Aucun amas de débris n'empêche de suivre leur succession, et l'on voit très-nettement les grès et les schistes argileux, dont la couleur est plus noire que celle des autres roches, s'élever presque verticalement du niveau du torrent jusqu'au sommet du précipice, au milieu des bancs parallèles de schistes talqueux et de gneiss. Il résulte de ces faits, faciles à constater, que les couches anthracifères sont réellement subordonnées au terrain de gneiss, et qu'elles en font partie aussi bien que les roches feldspathiques et talqueuses qui les avoisinent. La *fig.* 2 est à la fois une vue et une coupe de ce terrain.

L'examen de la seconde bande de grès à anthracite que l'on observe à l'est du Freney conduit à la même conclusion. Lorsqu'on a dépassé de 200 pas environ le pont sur la Romanche qui mène au Puy, hameau du Freney, on commence à entrer dans un défilé étroit, où la route est resserrée entre la Romanche à gauche, et des escar-

pements de couches feldspatiques et talqueuses à droite. Ces couches sont dirigées à peu près du nord au sud avec une forte inclinaison vers l'est. Les premières que l'on rencontre à partir du Freney, sont des schistes talqueux et des roches de feldspath compacte verdâtre, elles plongent sous un banc de gneiss très-feldspathique, épais de 15 à 20 mètres, que l'on distingue facilement des roches environnantes, parce qu'il est plus dur et moins rouillé; sur ce banc de gneiss s'appuie une série de schistes argilo-talqueux, de schistes argileux noirs, de grès quartzeux et micacés, alternant ensemble; puis viennent quelques couches de schistes talqueux purs et de roches feldspathiques, enfin des grauwackes à gros fragments anguleux de quartz, de gneiss, de feldspath compacte, et de schistes talqueux empâtés dans un ciment argilo-talqueux et feldspathique. Ces brèches remarquables alternent avec des schistes talqueux, et y passent insensiblement. Les fragments anguleux ont quelquefois plus de deux décimètres de longueur; tantôt il sont à bords très-nets, tantôt, au contraire, ils semblent se fondre dans la pâte et s'en distinguent difficilement. Ce système de couches, en partie arénacées et en partie cristallines, a plus de 100 mètres de puissance, il s'enfonce immédiatement sous des schistes talqueux feldspathiques et des gneiss qui continuent jusqu'à une petite galerie à l'extrémité du défilé; cette galerie, moins large que la première dont nous avons parlé plus haut, a été percée dans une roche feldspathique un peu grenue, traversée par de petites veines de spath calcaire. En examinant avec l'attention la plus scrupuleuse la jonction des couches

arénacées avec les roches cristallines supérieures et inférieures, on n'observe aucun changement dans leur stratification, et au contraire leur liaison est aussi grande que pourrait l'être celle de deux bancs contigus quelconques du terrain de gneiss. Il n'est donc pas douteux que les unes et les autres ne soient contemporaines et ne doivent être classées dans la même formation géologique. (Voyez pour la disposition de ces couches la *fig.* 3.)

Après avoir montré que les grès à anthracite des environs du Mont-de-Lens ne doivent pas être séparés du gneiss qui les accompagne, il nous sera facile de prouver que ces mêmes grès sont indépendants des couches de calcaire ardoisier à bélemnites qui les recouvrent. Si l'on quitte la grande route un peu à l'ouest de la grande galerie, et que l'on monte au hameau de Bons en suivant un sentier dit de *la Porte romaine*, on rencontre le calcaire tout près de ce village. Les premières couches sont compactes, et passent à une brèche composée de fragments calcaires empâtés dans un ciment de même nature. Elles paraissent déposées sur la surface du terrain de gneiss et en suivre les pentes. A ces premiers bancs succèdent des couches de marne et de schistes ardoisiers qui plongent légèrement vers l'est-nord-est, et font par conséquent un angle sensible avec les strates de gneiss et de grès anthracifères inférieurs dont nous avons dit que l'inclinaison s'approchait de la verticale. En s'avançant plus au sud, jusqu'au-dessus du hameau des Fories et près des exploitations d'anthracite, on retrouve le calcaire brèchiforme situé à la partie inférieure de la formation. Il s'incline vers l'ouest,

et par conséquent en sens contraire des grès à anthracite contre lesquels il est immédiatement adossé. On remarque qu'il est altéré, pénétré de pyrites, qu'il renferme des veines de fer oxydé hydraté, assez abondantes pour être exploitables. Ce terrain calcaire correspond exactement à celui qui couronne les escarpements de la rive droite de la Romanche, et dont la superposition discordante sur les gneiss n'est pas moins évidente. En effet, si de Bons ou des hauteurs voisines, on jette les yeux sur la pente de la montagne opposée où se trouve assis le village d'Auris, on voit très-bien les calcaires s'avancer jusqu'au bord de la fente profonde où coule la Romanche, et reposer en stratification à peu près horizontale sur les strates très-inclinés du gneiss. Ces couches se prolongent du côté du Freney jusqu'à un ravin nommé *Combe-Gillarde*, où elles vont butter contre les bancs de grès à anthracite subordonnés aux roches talqueuses. La ligne séparative des deux terrains peut se suivre facilement de l'œil; elle est sinueuse et irrégulière, ce qui prouve que la surface du gneiss était déjà accidentée quand le calcaire l'a recouverte.

Les relations géologiques des grès à anthracite avec les couches qui les avoisinent, relations qui sont si évidentes aux environs du Mont-de-Lens, peuvent aussi s'observer ailleurs, quoique avec moins de facilité. En suivant le chemin du Gua, à l'ouest du Freney, où il existe quelques exploitations de combustible, on voit les grès s'enfoncer sous des roches talqueuses et feldspathiques, prolongement de celles dans lesquelles la Romanche a creusé son lit. La même chose s'ob-

serve sur plusieurs points du territoire d'Huez. Enfin il résulte d'un mémoire intéressant que M. Dausse (1) a publié sur les Rousses, que partout, dans cette chaîne de montagnes, les grès sont intercalés dans le terrain talqueux avec un parallélisme complet de stratification; que la première assise de la formation des schistes ardoisiers à bélemnites est au contraire un banc de calcaire compacte, étendu en nappe sur le gneiss et comme moulé sur la surface, et qu'en général les couches argilo-calcaires se relèvent de tous côtés vers les roches cristallines comme si elles avaient été soulevées et écartées lors de leur apparition. Tous ces faits viennent à l'appui de nos conclusions.

Schiste talqueux et grès d'Allevard.

Le terrain de gneiss et de schiste talqueux de l'Oisans se prolonge vers le nord-nord-est au delà du col de Glanden, et constitue une haute chaîne de montagnes qui sépare la vallée de l'Isère de celle de la Maurienne. Allevard est situé au pied du versant occidental de ces montagnes, à peu de distance des frontières de la Savoie. Entre ce bourg et les sommités de la chaîne, le gneiss est peu abondant; il est remplacé par des schistes talqueux gris, en général très-feuilletés, coupés dans tous les sens par de nombreux filons de fer spathique que l'on exploite dans le pays depuis un temps immémorial. Ces schistes s'enfoncent à l'ouest sous des couches de marnes et de calcaires feuilletés à bélemnites, qui s'appuient contre le versant occidental de la chaîne sur toute sa lon-

(1) Mémoires de la Société géologique de France, tome 2, page 125.

gueur. Ce terrain calcaire correspond exactement à celui que nous avons décrit aux environs de la Mure, et qui est généralement rapporté à l'époque jurassique. Il est facile de s'assurer que l'un n'est que le prolongement de l'autre. Les schistes talqueux, situés à l'est d'Allevard, sont en général tendres et d'un tissu peu serré. Dans certains cas seulement ils sont entremêlés de veines quartzeuses qui leur donnent une grande solidité. Sur plusieurs points, ils sont feldspathiques et passent au gneiss; leur direction générale est vers le nord-7°-est. Entre le pont de Veyton et le village de Pinsot, ils ont une inclinaison de 70° à 75° vers l'est, et par conséquent sous les sommités de la chaîne centrale. A l'ouest du pont de Veyton, les strates se rapprochent de la verticale, et, dépassant même cette ligne, finissent par prendre une inclinaison en sens contraire de la première. Ce terrain talqueux renferme, comme dans l'Oisans, des couches subordonnées de grauwacke, de grès et de schistes argileux à anthracite, qui ne permettent plus de le considérer comme primitif dans le sens attaché ordinairement à ce mot. L'endroit où l'intercalation de ces roches arénacées se montre avec le plus d'évidence, est situé à l'est d'Allevard, entre le Habert, les Mollies et le lac du Collet. En suivant la crête qui domine au sud le lac, on observe des bancs de grauwackes et de schistes argilo-talqueux qui alternent à plusieurs reprises avec les schistes talqueux proprement dits, et leur sont tellement liés qu'on ne peut les en séparer. La grauwacke dont on rencontre de gros blocs roulés dans la gorge de Veyton et dans celle de Bréda est semblable à la roche de même nature

que nous avons signalée à l'est de Freney. Le ciment est argilo-talqueux; les fragments empâtés, remarquables par leur forme anguleuse et leur grande dimension, sont pour la plupart des débris de schistes talqueux et de quartz. Les premiers surtout sont abondants. Les schistes argilo-talqueux alternent avec la grauwacke, et présentent, pans leur cassure transversale, une structure arénacée. Ce système de grès, dont la puissance est environ de 200 mètres, peut se suivre sur une étendue considérable. Du côté du nord, il passe tout près de Saint-Hugon où il a été exploité comme réfractaire pour la construction du haut fourneau. Du côté du sud, il traverse la gorge de Veyton, et constitue, au nord du village de Pinsot, une crête nommée le *Crêt de Montmayen* (1), où l'on trouve des indices d'anthracite qui ont été l'objet de plusieurs fouilles, et des schistes argileux exploités comme ardoises. Plus au sud, les mêmes grès reparaissent près de la Ferrière.

Il existe une autre bande de roches arénacées placée précisément à la jonction des schistes talqueux et des couches jurassiques, et qui sans aucun doute appartient au premier de ces terrains. On y observe une grauwacke qui ne diffère de celle du lac du Collet que par la grosseur moindre de ses fragments, une plus grande abondance de quartz et un ciment plus siliceux. Elle est associée à une espèce de schiste talqueux compacte, analogue aux pierres novaculaires, et à des grès quartzeux fins, à texture grenue, qui sont très-réfrac-

---

(1) Cassini, n° 150.

taires, et employés comme tels pour le creuset du haut-fourneau d'Allevard. Ces différentès roches renferment quelquefois des nids et de petits filons de fer carbonaté spathique; elles succèdent aux schistes talqueux, sans changement sensible dans la stratification, et paraissent au contraire leur être intimement liées. Cette observation est facile à faire à l'entrée de la gorge de Bréda, près des usines à à fer, où les couches sont coupées sur une grande hauteur, et perpendiculairement à leur direction. A partir de là, on peut suivre les bancs de grès vers le sud, jusqu'au delà des exploitations de fer de la Croix-Recullet, distantes d'Allevard de six kilomètres. A trois ou quatre lieues plus loin, on observe, au-dessus de Laval, de Sainte-Agnès et de Saint-Mury des grès et des schistes argileux qui paraissent être le prolongement de ceux dont nous venons de parler. Il est au moins certain qu'ils sont dans une position géologique exactement semblable. Ils renferment des empreintes végétales et quelques veines d'anthracite de médiocre qualité que l'on a essayé souvent d'exploiter, mais sans succès. A peu de distance du hameau de Boutières, commune de Laval, les couches de grès sont coupées par un filon de fer spathique de même nature que ceux d'Allevard, et qui a été autrefois l'objet de travaux étendus.

Ainsi que nous l'avons dit, les schistes talqueux et les grès qui leur sont subordonnés, s'enfoncent tout le long du versant occidental de la chaîne, sous le terrain jurassique. Ce dernier est souvent altéré au point de contact. Ainsi à l'entrée de la gorge de Bréda, les marnes calcaires qui, à droite et à gauche, s'appuient sur les grès sont en

grande partie changées en gypse. Malgré cette altération dans leur nature minéralogique et le bouleversement qu'elles ont éprouvé, leur stratification est assez distincte pour que l'on puisse reconnaître qu'elle n'est point concordante avec celle des grès. Pour bien faire cette observation, il faut entrer dans la carrière souterraine de gypse située sur la rive droite du torrent. On y voit des strates à peu près horizontaux du terrain jurassique altéré toucher à des bancs de grès relevés jusqu'à la verticale. L'indépendance de ces derniers par rapport aux couches jurassiques est une preuve de plus qu'ils appartiennent bien à la formation des schistes talqueux. La *fig.* 4 montre la disposition des diverses couches qui viennent d'être décrites.

Grès à anthracite et gneiss d'Aspres-les-Corps.

Pour citer un dernier exemple de la liaison du gneiss dans le Dauphiné avec les couches anthracifères, je donnerai quelques détails sur les environs d'Aspres-les-Corps, village situé à une demi-lieue sud-est de Corps (Isère), sur le territoire des Hautes-Alpes. On trouve réunis dans cette localité intéressante le gneiss, les couches à anthracite, le terrain jurassique, et une roche que M. Brongniart a proposé d'appeler *spilite*, et qui est connue depuis longtemps dans cette partie des Alpes sous le nom de *variolite du Drac*. Le gneiss, qui n'est à découvert que sur une petite étendue, forme la base de la montagne qui domine au nord-est le village d'Aspres; il est composé de petits cristaux de feldspath blanc, entrelacés de lamelles talqueuses grises. Sa texture est écailleuse, ce qui lui donne une physionomie différente des gneiss verdâtres presque compactes que l'on rencontre fréquemment dans l'Oisans. Il est dirigé vers le

nord-nord-est avec une forte inclinaison du côté de l'est. Au-dessus du gneiss se trouvent les calcaires marneux de la formation jurassique dont l'inclinaison est en sens contraire, et qui présentent les mêmes caractères qu'aux environs de la Mure. La roche de spilite est située précisément à la jonction de ces deux terrains, elle constitue un banc étendu qui, sur plusieurs points, offre une stratification très-nette, parallèle à celle du calcaire. Ce banc, le plus considérable peut-être de son espèce, dans le Dauphiné, forme une courbe demi-circulaire autour du village; et, sur toute sa longueur, sert de limite inférieure au terrain jurassique. Les grès et les schistes argileux à anthracite n'occupent qu'un espace fort resserré à peu de distance du gneiss, vers le sud-ouest. Ils renferment des empreintes de plantes, et plusieurs couches d'anthracite que l'on a cherché à exploiter à diverses époques, et qui ont toujours été abandonnées à cause de leur irrégularité et de la mauvaise qualité du combustible. En suivant de proche en proche ces couches anthracifères vers le nord-est, on parvient à les rattacher à la formation de gneiss par une transition tout à fait insensible. Cette fusion a lieu tout près d'un monticule appelé *le Fort* (1), à une petite distance du village d'Aspres. On voit les schistes argileux, qui alternaient avec les grès, se charger de talc, devenir onctueux et brillants, et passer enfin à de véritables schistes talqueux. Ceux-ci de leur côté deviennent feldspathiques et bientôt ne peuvent plus se distinguer des gneiss. En même

---

(1) Cassini, n° 151.

temps que ce passage a lieu dans la nature minéralogique des roches, il n'y a aucun changement dans la stratification des couches : leur aspect et allure restent toujours les mêmes. Il est à remarquer en outre que les couches à anthracite sont séparées de la formation jurassique par le banc de spilite dont on a parlé plus haut; ce qui établit une similitude complète entre leur position géologique et celle du gneiss.

Nous ferons remarquer, avant de terminer, que s'il est douteux que les gîtes d'anthracite des Alpes appartiennent tous à la même formation, il n'en est pas de même du terrain granitique qui se montre dans la partie centrale de ces montagnes. Il résulte en effet des observations de Saussure, de celles de MM. d'Aubuisson, Brochant, Elie de Beaumont et d'autres géologues, que les couches de protogine, de gneiss et de schistes talqueux du Dauphiné, ont la plus grande analogie avec les couches de même nature que l'on observe au Mont-Blanc, au Mont-Rose, et jusqu'au Saint-Gothard, en sorte qu'il n'y a aucune raison pour ne pas les regarder comme contemporaines; par conséquent il suffit de déterminer leur âge géologique dans l'Oisans, c'est-à-dire à l'une des extrémités de la chaîne qu'elles constituent, pour en conclure, celui de la chaîne tout entière.

Conclusions. Les faits qui viennent d'être exposés conduisent aux conclusions suivantes :

1° Les couches arénacées anthracifères du département de l'Isère, particulièrement celles que l'on observe dans le canton de la Mure, aux environs du Mont-de-Lens et à Allevard, sont indépendantes du terrain jurassique. Leur position, au-

dessous de ce dernier terrain, et les empreintes végétales de l'époque houillère qu'elles renferment doivent les faire classer dans le groupe des terrains carbonifères, groupe dont les dépôts houillers forment la limite supérieure.

2° Les relations géologiques qui existent entre ces couches anthracifères et celles du gneiss ou des schistes talqueux sont telles que les unes et les autres doivent être rangées dans la même formation. Par conséquent on doit rapporter à la période carbonifère toutes les couches cristallines, le plus souvent talqueuses qui, dans le Dauphiné et en général dans les Alpes, ont été considérées jusqu'à présent comme primitives.

La seconde partie de ces conclusions paraîtra sans doute plus extraordinaire que la première. Déjà la classification de certaines couches à anthracite des Alpes, dans les dépôts houillers, était admise comme probable par plusieurs géologues; mais la réunion de ces mêmes couches au terrain de gneiss et de protogine si abondant dans la chaîne centrale est un fait nouveau, en opposition avec les idées que l'on s'est faites jusqu'à présent de la constitution minéralogique des terrains carbonifères; il a fallu des observations aussi positives que celles que j'ai détaillées, pour me faire adopter un rapprochement que de prime-abord j'aurais rejeté comme tout à fait invraisemblable. Ces observations appuient fortement l'opinion déjà émise par de savants géologues que les terrains granitiques stratifiés ne sont, en général, que des couches de sédiment modifiées par des émanations souterraines. Dans les Alpes, où l'on a tant de preuves de la violence et de la longue durée des phéno-

mènes plutoniques, la transformation en masse des roches de sédiment en couches cristallines se serait élevée jusqu'aux dépôts carbonifères, en sorte que, par une exception jusqu'à présent unique dans la science, on devrait rapporter à cette période géologique un ensemble de couches qui ne diffèrent presque en rien des terrains primitifs les mieux caractérisés.

OBSERVATIONS

géognostiques et physiques sur les volcans du plateau de Quito;

Par M. Alexandre de Humboldt.

(Traduit de l'allemand par M. L. Lalanne, Ingénieur des ponts et chaussées (1).)

Si l'on attribue à *l'action volcanique* (2), dans le sens le plus étendu de cette expression, tous les phénomènes qui dépendent de la réaction de la partie intérieure d'une planète demeurée liquide, contre la croûte superficielle oxydée et durcie par la déperdition de la chaleur, peu de contrées pourraient présenter des effets variés de cette action, sur une échelle aussi étendue que le plateau de Quito. Les mesures et les aperçus géologiques, recueillis pendant un séjour de huit mois dans cette contrée, se trouvent disséminés dans plusieurs parties de mon ouvrage sur l'Amérique équinoxiale, principalement dans le nivellement géognostique et barométrique de la chaîne des Andes, dans l'*Essai sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*, et dans un Mémoire intitulé : *Esquisse d'un tableau géologique de l'Amérique méridionale au nord de la rivière des Amazones*. Les descriptions topographiques particulières des volcans, leurs monographies, sont encore demeurées inédites. La description géognostique des différentes régions de la terre repose

(1) Cette traduction a été revue par M. de Humboldt.
(2) Littéralement *vulcanisme*, le *volkanismus* que les géologues allemands opposent au *neptunisme*.

sur deux ordres de faits entièrement distincts, dont les uns dépendent du temps et de l'état variable des progrès des sciences physiques et minéralogiques, et dont les autres sont invariables, parce qu'ils fixent seulement les rapports locaux (en grandeur et en position); et si par hasard les révolutions de la nature altèrent la configuration de la surface du globe, ces derniers sont d'autant plus importants qu'ils fournissent les éléments d'une évaluation numérique des résultats de ces changements. Là où l'on exige une séparation rigoureuse des formations, selon les caractères *zoologiques*, c'est-à-dire, d'après l'association et la classification organique par époque des êtres antédiluviens, ou selon les caractères *oryctognostiques*, c'est-à-dire, d'après la nature de la contexture cristalline des roches; là, l'observation publiée perd de son prix et de son importance scientifique, si on la sépare du temps et des idées sous l'influence desquelles elle a été recueillie. Celui qui porte un intérêt sincère à la science qu'il cultive ne se plaint pas, lorsque jetant un regard sur ses travaux antérieurs, il reconnaît cet effet du temps sur une matière qui a vieilli. A côté du désir bien vif de revoir encore une fois, et muni de nouvelles connaissances, ce qu'il n'avait pu saisir qu'à demi, il éprouve aussi le sentiment d'une douce satisfaction en voyant les progrès que la science a faits depuis l'époque de son voyage. Une autre partie des observations, la partie topographique, qui décrit l'espace, est indépendante de l'époque à laquelle on les a recueillies. Elle s'appuie, non sur des principes variables, mais sur la base inaltérable des sciences mathématiques. Sans doute, avec des instruments plus perfectionnés, on

obtient aussi une plus grande rigueur dans la détermination astronomique des positions, dans les mesures trigonométriques ou barométriques de différentes hauteurs du globe. Les besoins de la science géognostique et orographique sont plus faciles à satisfaire que les besoins de l'astronomie, lorsque celle-ci doit déterminer la position ou l'orbite des corps célestes, la figure ou la densité de notre planète, mesurer et peser la terre. Depuis la fin du siècle dernier les instruments d'astronomie et de géodésie que peuvent choisir les voyageurs sont parfaitement suffisants, surtout lorsqu'ils sont habilement maniés, pour donner, dans la mesure des angles, des résultats numériques dont l'approximation est en dedans des limites exigées par la nature même des problèmes qu'on veut résoudre. Cette partie orographique et géométrique des observations présente, de plus, l'avantage précieux que, si (comme cela devrait toujours avoir lieu) le détail numérique des mesures a été publié, ou s'il se trouve au moins consigné dans le journal du voyageur, elle offre encore, après un grand nombre d'années, la mesure de la confiance que l'on doit avoir dans le travail entier, et que même elle peut conduire à des combinaisons nouvelles et meilleures (1).

(1) Nous ne pouvons résister au désir de citer à ce sujet les paroles qu'un juge compétent, M. Biot, prononçait devant l'Académie des sciences le 30 avril 1838, en communiquant ses recherches sur la constitution comparée de l'atmosphère à Paris et à l'équateur. « Je me suis aperçu, » dit-il, qu'on pourrait se servir pour ce but des observa- » tions que M. de Humboldt a faites sous l'équateur, quoi- » que lui-même n'ait pas cherché à leur donner tous les » caractères que je viens de rappeler. Ce ne sera pas la

En faisant avec franchise une distinction essentielle entre la partie des observations géognostiques qui vieillit promptement et celle qui ne dépend pas du temps, j'ai dépeint l'infériorité relative du travail que je présente aujourd'hui. Tout voyageur qui reste confiné seulement trois ou quatre ans, hors d'Europe, dans un pays où il est privé de relations scientifiques avec sa patrie, sent, dès les premiers jours de son retour, combien, par le perfectionnement des aperçus généraux sur la classification des terrains et sur la formation des masses de montagnes, la terminologie géologique et le langage adapté à un nouvel ordre d'idées, ont dû éprouver de changements. Delà naît souvent une malheureuse disposition à faire plier et à interpréter les faits ; et comme à chaque époque il n'y a que ce qui s'accorde avec les opinions dominantes qui plaise généralement, la simple observation finit par disparaître et succomber peu à peu devant les efforts de l'interprétation hasardée, et les spéculations théoriques. Un tel danger (auquel il est difficile de se soustraire entièrement, parce qu'un désir louable pousse les hommes à vouloir dominer par la pensée l'observation brute et empirique); ce danger, dis-je, est d'autant plus menaçant, qu'il s'est écoulé un plus grand nombre d'années depuis l'époque à laquelle les résultats ont été recueillis. Lorsque, après les explications que je viens de donner, je n'hésite point à choisir pour sujet de mes Mé-

---

» première fois que ce célèbre voyageur aura recueilli des
» documents dont il ne pouvait prévoir l'utilité future,
» et qui ont étonné, par leur exactitude, ceux qui les
» ont employés. » (L. L.)

moires académiques quelques fragments encore inédits de mon journal de voyage dans l'Amérique du Sud; cette résolution est fondée sur le projet arrêté de rendre les observations presque uniquement avec les mêmes expressions et les mêmes formes qui leur furent appliquées sur les lieux mêmes, de les séparer des explications tirées de théories récentes; cette résolution est fondée sur la rectification de la nomenclature des roches qu'a permise l'examen oryctognostique des petites collections de roches que j'ai rapportées; elle est enfin fondée (et c'est le principal motif de la publication) sur cette considération, que la plus grande partie de mes travaux géognostiques, dans le plateau qui entoure les volcans de Quito, s'attache préférablement à l'hypsométrie et aux rapports dans l'espace, à la description des inégalités de la surface du globe, à l'orographie physique qui ne vieillit pas, et dont l'intérêt augmente par les merveilles d'une région qui, depuis mon voyage, n'a été décrite nulle part.

Dans la longue chaîne des Andes, s'élevant en forme de mur, tantôt simple, tantôt divisée en deux ou trois rameaux, et alors articulée par d'étroites arêtes transversales, le voisinage des volcans actifs se manifeste régulièrement et presque périodiquement par l'apparition subite et l'intercalation de certaines roches entre les formations jadis nommées *primitives*, de même qu'entre des roches schisteuses et arénacées, appelées *de transition* et *de sédiment*. Un fait aussi facile à observer devait, de bonne heure, faire naître la persuasion que ces roches intercalées et sporadiques étaient le véritable siége des phénomènes volcaniques, et que leur présence était une condition

essentielle des éruptions de cette nature. Pour rappeler ici la composition minéralogique sous un point de vue de géologie plus restreint, je dois faire observer que ce que l'on décrivit alors dans l'Amérique méridionale, comme une espèce particulière de *porphyre syénitique* ou *dioritique* dépourvu de quartz (1), prit plus tard, en Europe, la dénomination de *trachyte*, qui fut substituée par Haüy, dans sa *distribution minéralogique des roches*, au nom ancien plus caractéristique de *domite*. L'époque la plus récente a appris que ces masses d'éruption (tantôt élevées en forme de dôme ou de cloche sans cratère, tantôt tellement ouvertes par les puissances volcaniques qu'il se forme une communication permanente entre l'intérieur de la terre et l'atmosphère) n'offrent pas toujours la même composition sous des zones différentes. Ce sont tantôt des trachytes proprement dits, que caractérise le feldspath, comme au pic de Ténériffe et aux Sept Montagnes (près de Bonn), où un peu d'albite se joint au feldspath, des trachytes à feldspath qui, en qualité de volcans actifs, donnent souvent naissance à de l'obsidienne et à de la pierre ponce; tantôt du mélaphyre, mélange doléritique de labrador et de pyroxène, qui se rapproche du basalte par sa composition, comme à l'Etna, à Stromboli et au Chimborazo; parfois domine l'albite avec l'amphibole, comme dans les roches volcaniques du Chili, nouvellement nommées *Andésites*, dans les magnifiques colonnes de Pisojè, près de Popayan, décrites comme un porphyre

(1) *Quarzlose Grünstein-und syenit-porphyr*. L'absence totale du quartz est le caractère essentiel que j'ai indiqué le premier.

dioritique, au pied du volcan de Puracé, ou au volcan mexicain de Tolucca ; ailleurs enfin, ce sont des leucitophyres, mélanges de leucite et de pyroxène, comme à la Somma, qui est le vieux mur du cratère d'élévation du Vésuve. M. Gustave Rose, par son excellente analyse chimique et cristallographique du groupe feldspathique, a répandu un nouveau jour sur la texture des roches à travers lesquelles les éruptions volcaniques se sont frayé un chemin : il a rendu par là un service signalé aux progrès de la géognosie. Cette opinion a été émise déjà, au sein de cette académie, par un juge plus compétent, M. Léopold de Buch, dont le dernier ouvrage embrasse dans un même tableau l'ensemble de ces roches et des formations volcaniques. L'édition française de la *Description physique des îles Canaries* qu'on vient de publier offre, dans le chapitre intitulé : *Volcans centraux et volcans groupés par séries* (1), la plus vivante et la plus complète peinture des éruptions qui ont eu lieu sur le globe entier.

Les volcans du plateau de Quito, qui fait le sujet de ce Mémoire, appartiennent, d'après les travaux géographiques de La Condamine, Bouguer et Pedro Maldonado, à la classe des volcans en séries. On a déjà reconnu très-anciennement qu'ils sont divisés en deux groupes par une étroite vallée longitudinale assise entre les Cordillières. En comparant avec des faits analogues les résultats de mes propres observations, je tâcherai de donner à la monographie des volcans de Quito cet intérêt qui répond toujours à la généralité des idées, et à la rectification des premiers aperçus

(1) Central und reihen vulkane.

C'est comme une clarté qui rayonne de points lumineux très-éloignés.

Avant de m'étendre sur la description du volcan du Pichincha, pour que l'on puisse mieux s'orienter et se figurer la position du plateau, je dois faire remarquer quelques résultats de mesures, qui pris isolément n'auraient assurément aucune importance géognostique, mais qui en acquièrent si l'on examine l'accroissement graduel des hauteurs du sol des vallées longitudinales qui se succèdent comme par échelons. De nouvelles déterminations hypsométriques étaient d'autant plus nécessaires, que les évaluations barométriques des astronomes français, au temps de la célèbre mesure d'un arc de méridien, présentaient des erreurs dues à trois causes différentes : 1° à l'omission de la correction de température ; 2° à une fausse valeur de la pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer ; 3° à l'ignorance où l'on était alors de la variation horaire de la hauteur barométrique. Par suite de compensations accidentelles dans les causes d'erreur, les résultats de La Condamine se rapprochent parfois de ceux qui ont été obtenus et calculés avec beaucoup de soin par M. Boussingault et par moi ; mais dans la plupart des autres points les différences sont considérables, tantôt positives, tantôt négatives, et toujours d'une valeur très-inégale ; de sorte que les déterminations anciennes des hauteurs relatives ne méritent que peu de confiance partout où il est question de ces plateaux partiels inégalement élevés au-dessus du grand foyer volcanique. Les erreurs que je viens de signaler influent naturellement aussi sur les résultats absolus des mesures trigonométriques des hauteurs ; car on sait que

pour ces opérations les lignes fondamentales (bases) aux extrémités desquelles les angles de hauteur se rattachent aux sommets des montagnes ne sont pas placées dans la plaine le long de la côte, et que chaque mesure de montagnes, dans la chaîne des Andes, est nécessairement composée de deux mesures, l'une trigonométrique, l'autre barométrique.

Si l'on jette un regard sur l'esquisse de la *carte hypsométrique* dans laquelle, d'après la discussion approfondie des déterminations astronomiques les plus récentes, j'ai cherché à exprimer, pour la première fois, le relief et la structure variée de la chaîne des Andes si étrangement défigurée auparavant dans toutes les cartes de l'Amérique méridionale, et à consigner toutes les relations importantes de hauteur connues jusqu'alors (jusqu'en 1831, c'est-à-dire, en profitant des découvertes de Pentland en Bolivie); on voit que la fameuse bifurcation des Andes n'a lieu que de 3° ¼ de latitude sud à 2° 20′ de latitude nord, entre le nœud de montagnes de Loxa, célèbre par les magnifiques forêts de quinquina du versant oriental, et le nœud de montagnes qui est la source du grand fleuve de la Magdalena. Au nord et au sud des parallèles à l'équateur qui passent par les nœuds de montagnes extrêmes du Pérou et de la Nouvelle-Grenade (Cundinamarca), les Andes sont divisées en trois branches qui ne sont pas tout à fait parallèles entre elles. Quelquefois même sur les cartes, on augmentait considérablement la largeur des chaînes de montagnes, par suite d'une singulière méprise linguistique. Partout où la carte de La Crux Olmedilla, le type de toutes les cartes anglaises, françaises et allemandes qui ont paru

pendant quarante ans, portait ces mots : « Ici croît le cacao sauvage, *aqui hay montes de cacao*, » de célèbres géographes ont placé des montagnes de neige, prenant pour montagnes (*Cerros, serranias*) le mot *monte* (forêt), qui est généralement usité dans les colonies espagnoles; ils oubliaient que le cacao ne réussit que dans des plaines brûlantes, sous la température moyenne de 23° Réaumur. Dans le dialecte espagnol le plus pur d'Europe, une forêt avec de hautes futaies s'appelle aussi *Monte alto*. La grande vallée longitudinale qui s'étend entre les deux nœuds de montagnes désignés précédemment, a une longueur de plus de 60 milles géographiques (de 15 au degré), mais seulement une largeur moyenne de 5 milles. Elle est partagée par des arêtes transversales en cinq petits bassins, dont le sol s'élève à une hauteur très-inégale au-dessus du niveau de la mer. Les hauteurs respectives des plateaux, qui constituent le fond de ces vallées, sont pour les trois plus méridionaux, dans lesquels se trouvent situées les villes de Tuenca, Tacunga et Quito, de 1.350, de 1.320 et 1.340 toises, par conséquent concordantes d'une manière assez remarquable; vient ensuite la plaine de Los Pastos, haute de 1.582 à 1.650 toises, le Tübet volcanique de l'Amérique, et cependant encore de 355 toises inférieure au fond de la vallée qui renferme le lac de Titicaca, visité récemment par MM. Pentland, Meyer et d'Orbigny. Le bassin d'Almaguer, le cinquième et le plus septentrional, décroît subitement à 1.164 toises. De toutes les arêtes ou digues transversales, une seule est importante; c'est le passage de l'Assuay, couvert des ruines des châteaux des Incas : j'en ai trouvé le point culminant de 14.500 pieds

(2.428 toises), là où le chemin conduit sur la Ladera de Cadlad. C'est seulement à 400 toises plus bas que se trouve le palais de l'Incas (*Tupayupangi*) avec des restes de bains, qui (il faut le supposer) étaient alimentés avec l'eau chaude, dans ce climat âpre et inhospitalier. Comme les mesures de M. Pentland, dans la Cordillière orientale de Bogota, où le Sorata est à 3.918 toises (23.688 pieds de Paris), et par conséquent à 440 toises seulement plus bas que le Dhavalagiri de la chaîne de l'Himalaya, et de 600 toises plus haut que le Chimborazo, ont fait naître l'opinion que tous les éléments hypsométriques devaient, à cette latitude méridionale, avoir des dimensions plus gigantesques que dans la zone la plus voisine de l'équateur, je dois faire remarquer ici, à ce sujet, que le passage à travers l'arête transversale de l'Assuay, situé sur la grande route de commerce de Quito à Tuenca et à Lima, n'est surpassé en hauteur que par deux des passages semblables mesurés par M. Pentland; encore la différence est-elle très-petite. En Bolivie, le passage au-dessus des Altos de Toledo est plus élevé de 25 toises, et celui de Chullunquani de 17 toises. Il s'ensuit que partout les hauteurs moyennes des crêtes ou dos de montagnes, dont les passages nous font connaître les minima d'élévation, ne sont pas en rapport direct avec les points culminants ou sommets isolés des chaînes. Une représentation graphique des Alpes et des Pyrénées, que j'ai publiée dans les *Annales des sciences naturelles*, confirme cette considération. Les dernières surtout ont une crête fort élevée en comparaison de la petite hauteur des points culminants.

Du sommet rocailleux du volcan du Pichincha,

la vue s'étend au loin jusqu'à la mer du Sud, au-dessus des forêts inhabitées et impénétrables des Jumbos et de la province de Los Esmeraldas. D'un autre côté, encore à l'ouest des îles calcaires de Puna et de Sainte-Clara (el Amertajado), on commence à apercevoir le Chimborazo par un temps très-clair dans la navigation de Lima à Guayaquil. Ces faits donnent un grand intérêt à la connaissance précise de la véritable distance de la côte à la Cordillière occidentale, et j'ai dû m'en occuper particulièrement. L'intervalle à évaluer dépend de la différence de longitude entre les villes de Quito et de Guayaquil, comme de l'azimuth et de l'angle de hauteur du sommet du Chimborazo, mesurés sur la plage du littoral de Guayaquil. Je me contenterai de remarquer ici que les doutes émis par le capitaine Basil Hall, sur ma longitude de Guayaquil, ont été entièrement dissipés, à ma satisfaction, par la dernière grande expédition anglaise sur les bâtiments l'*Aventure* et le *Beagle* (capitaines King, Stokel et Fitz Roy) pour le relèvement des côtes de la Patagonie occidentale jusqu'à Guayaquil. D'après les résultats de l'expédition publiés depuis peu de mois par sir John Barrow (1), on a trouvé pour Guayaquil, à 17 secondes de temps près, la longitude que donne ma détermination déjà très-ancienne, quoique le temps ait été transporté d'un point fort éloigné, de Valparaiso. Pour le port de Callao de Lima, auquel j'avais rapporté chronométriquement la position de Guayaquil, l'accord est encore plus satisfaisant; la dernière expédition anglaise ayant obtenu,

(1) *Journal of the Royal Geogn. Soc.*, t. 6, P. 2, p. 337.

comme les navigateurs le remarquent expressément, un résultat moyen qui ne diffère que de deux secondes de la longitude que M. Oltmanns a conclue de mon observation du passage de Mercure sur le disque du soleil. Comme à d'aussi grandes hauteurs et à d'aussi longues distances (le Pichincha, qui est un peu plus élevé que le Mont-Blanc peut, sans réfraction, être aperçu à 34 milles géographiques, et le Chimborazo à 39) le nombre des couches de nuages superposées les unes aux autres diminue la probabilité que les rayons de lumière puissent parvenir à l'œil, on jouit rarement, sur le rivage de la mer du Sud, du beau spectacle de la chaîne majestueuse des Andes. Un angle de hauteur du Chimborazo (seulement 1° 57′ 40″) qu'un marin espagnol très-instruit, don Joseph Espinosa (1), a pris sur le rivage de Guayaquil, pendant la navigation de Malaspina autour du monde, a été le sujet d'une controverse qu'il ne s'agit pas de discuter à fond ici, au sujet de la véritable hauteur du Chimborazo; il suffit de faire remarquer que la réfraction, l'azimuth, et même la distance horizontale n'ont pas été déterminés avec précision.

J'ai encore à mentionner un autre point relatif aux rapports de position et de dimension des Cordillières. M. Léopold de Buch, dans l'exposition lumineuse de sa théorie du surgissement des chaînes de montagnes par des crevasses, a montré plusieurs fois les relations que l'on remarque entre la direction des chaînes et celle des côtes voisines ou éloignées. On sait que le

(1) *Memorias de los navegantes españoles*, t. 1, p. 187.

phénomène des volcans actifs est limité dans l'Amérique méridionale au bord occidental du continent. Le tracé hypsométrique de toute la chaîne des Andes, qui a été copié de mon Atlas de l'*Amérique méridionale* dans la dernière grande carte de Brué, mais qui nulle part n'a été rendu plus exactement que dans une petite carte malheureusement encore inédite de M. Berghaus (1), prouve la plus entière dépendance entre la forme (le contour) du continent et la direction variable de la chaîne. Le coude que présente le littoral d'Arica, où la direction S.-N. de la côte change brusquement en S.E.-N.O., sinuosité qui correspond par les 18° $\frac{1}{2}$ de latitude méridionale à une déviation entièrement semblable de la côte occidentale du continent pyramidal de l'Afrique (vers les 4° $\frac{1}{2}$ de latitude nord), près de l'île de Fernando Pô, est un point dont j'ai déjà signalé plusieurs fois la grande importance géologique. Le changement brusque d'allure de la chaîne des Andes dans le parallèle d'Arica n'est pas borné à la Cordillière occidentale voisine de la mer du Sud; il s'étend également à la direction de la chaîne orientale qui borde le plateau de Titicaca, site ancien de culture humaine dans l'Amérique du sud, au pied des montagnes colossales de Sorata et d'Ilimani. Le parallélisme qu'observent les Cordillières entre elles, surtout entre le 5° de latitude sud et le 5° de latitude nord, est aussi frappant que leur parallélisme avec les sinuosités du littoral. Une seule branche de la chaîne, qui change d'allure,

(1) *Karte des ganzen neuen continents.* Cette carte de M. Berghaus a été présentée à l'Académie en février 1837.

semblable au *trum dévié* (1) d'un sillon, réunit en parcourant la Nouvelle-Grenade, à l'est de la ville de Bogota, la crevasse de formation plus récente des Andes de Quito avec la crevasse plus ancienne de la chaîne littorale de Caracas.

A l'ouest du plateau de Quito, la direction même des chaînes paraît indiquer que l'angle rentrant de la côte au golfe de Guayaquil, est un petit phénomène accidentel d'une origine postérieure au soulèvement des chaînes. En cet endroit la côte approche jusqu'à 25 minutes (en arc) de la Cordillière de l'ouest, dans la contrée de Cuenca, au sud de l'arête transversale de l'Assuay, où une route très-fréquentée atteint presque la hauteur du Mont-Blanc. On n'aperçoit là aucune influence du voisinage de la mer sur la position relative des volcans. Déjà à 20 milles géographiques plus au nord, le parallèle de Tunguragua termine vers le sud la longue rangée des volcans actifs. Des obstacles provenant de la nature des roches y ont peut-être empêché que, dans le voisinage de la mer, les forces élastiques ne se fissent jour, et n'établissent une communication permanente avec l'intérieur du globe. Il est même très-remarquable que l'obstacle ait été moins grand dans une partie très-éloignée du littoral; car au pied de la chaîne orientale s'élève le Sangay ou volcan de Macas, un demi-degré au sud du parallèle de Tunguragua, dans une plaine ombragée par d'épaisses forêts, aux sources du Rio-Morona. M. Rüppel donne à la montagne conique du Kordofan, qui

---

(1) *Abscharendes trumm*, dans le langage du mineur allemand.

jette de la fumée, 84 milles de distance à la mer; le Peschan dans l'Asie centrale, qui a vomi des torrents de lave à une époque récente, dans des temps historiques, et d'autres volcans actifs de la chaîne du Thianschant ou monts célestes, sont placés environ trois fois aussi loin, à une distance de 260 milles géographiques (1), de toute mer, et sans aucune communication avec un grand bassin intérieur.

Quoique, dans une grande partie du monde, le soulèvement de masses de trachyte, d'andésite et de dolérite ait formé les sommets les plus élevés des chaînes ou des groupes d'îles, on voit, par ce qui a lieu dans les autres zones (celles de l'Himalaya et de la Cordillière orientale des Andes de Bolivia), qu'il n'existe pas de dépendance nécessaire entre le maximum d'élévation et la nature de la roche mise au jour. Au Mexique, où tous les volcans ont surgi le long d'une crevasse qui coupe l'isthme et l'axe de la chaîne presque à angle droit (M. de Buch compare cette crevasse d'un ordre secondaire aux arêtes transversales de l'intérieur de Java), il est vrai que tous les sommets volcaniques (Nevados), qui s'élèvent au-dessus des limites des neiges éternelles, sont composés de l'une des trois roches que l'on vient de nommer. Il est vrai encore que, sur le plateau de Quito, les points culminants de la Cordillière sont parmi les cônes et les cloches de dolérite; mais aussi sur le même plateau, à peu de distance du Chimborazo et du volcan de Tunguragua, s'é-

---

(1) *Voyez* mon Esquisse des chaînes de montagnes de l'Asie intérieure dans les *Fragments de géologie et de météorologie asiatiques.*

lèvent les hauts Nevados de Condorasto, Cuvillan et Collanes, composés de micaschiste quartzeux. Les plus hautes montagnes de toute la chaîne des Andes, le Sorata ou Tusubaya, un peu à l'ouest de la mission de Challana, et l'Ilimani, au sud du petit village de la mission d'Ocobuya, sommets dont le dernier n'est inférieur que d'environ une hauteur de clocher (78 toises) au second colosse de l'Himalaya (1), mesuré avec une extrême précision, sont composées de grauwacke schisteuse; mais d'après d'intéressantes notes manuscrites de M. Pentland, que je possède sur le versant occidental de l'Ilimani, on trouve des masses de syénite et de porphyre dans lesquelles des fragments anguleux de grauwacke schisteuse sont empâtés comme des preuves de l'apparition postérieure de ces masses. Tous ces faits démontrent que la hauteur absolue des sommets isolés (phénomène qui, dans tous les temps, a excité de préférence l'intérêt populaire) n'est qu'un accident local dépendant seulement d'une résistance plus ou moins considérable des couches rocheuses à travers lesquelles le surgissement a eu lieu. L'importance géognostique de la hauteur absolue de ces points culminants est très-petite en comparaison de l'importance que l'on doit attacher à la direction de l'axe, à la constance de sa direction, et de la hauteur moyenne du faîte d'une chaîne de montagnes.

Après ces considérations générales sur les Cordillières des Andes, je vais tracer le tableau de quelques volcans du plateau de Quito. Je com-

(1) Le Jawahir a 4.026 toises, le Sorata a 3.948 toises de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan.

mence par un des sommets les moins élevés, le Pichincha, parce qu'il est le plus rapproché de la capitale, parce qu'il a une forme très-différente de celle des montagnes qui vomissent du feu, de nos jours, et qu'il fut pour moi l'objet de trois expéditions. En Europe, cette montagne a eu dans le milieu du siècle dernier un grand renom, qui, il est vrai, a disparu depuis longtemps, les astronomes Bouguer et La Condamine ayant séjourné trois semaines entières sur son sommet dans une cabane où ils firent des observations météorologiques. Cette cabane était placée à 2.430 toises de hauteur, et par conséquent seulement de 180 pieds plus bas que le sommet du Mont-Blanc. La portion de la vallée longitudinale qu'occupe la ville de Quito, entre les Cordillères orientales et occidentales, ou, pour m'exprimer plus correctement, entre la Cordillière d'Antisana et de Cotopaxi et celle du Pichincha et du Chimborazo, est de nouveau divisée en deux parties, dans le sens de sa longueur du sud au nord, par une chaîne de collines peu élevées, celle d'Ichimbio et de Poingazi. A l'est de ces collines sont placées les fertiles et charmantes plaines de Puembo et de Chillo; à l'ouest, plus près du volcan du Pichincha, s'étendent les savanes arides d'Inaquito et de Turubamba. Ces deux vallées secondaires ne sont pas au même niveau. Dans celle de l'est, où le climat est plus doux, le sol est à 8.040 pieds de hauteur; dans celle de l'ouest, où le climat est plus âpre, le sol s'élève presque à 9.000 pieds (d'après mes observations à 1.492 toises, d'après M. Boussingault à 1.496 toises) au-dessus du niveau de la mer. L'inscription latine que les astronomes français ont placée dans le collége des jésuites, et qui donne à Quito une longitude beau-

coup trop occidentale, donne aussi à cette ville une hauteur trop basse de 270 pieds; j'ai mentionné plus haut les causes de cette erreur. Si l'on considère maintenant que Quito est bâti sur les flancs rocailleux du Pichincha et entrecoupé par des fentes très-profondes, ouvertes, et la plupart privées d'eau, les *guaycos*, descendant à angle droit de la crête du volcan; si l'on se rappelle que presque tous les mois, dans cette ville, nous entendions sous nos pieds un épouvantable fracas intérieur (*bramido*), parfois accompagné de tremblements de terre, on ne s'étonnera point que dans la partie du plateau de Quito qui est plus voisine du volcan, dans les plaines d'Inaquito et de Turubamba, le sol ait été soulevé par ces mêmes forces volcaniques, qui agissent encore aujourd'hui, à une plus grande hauteur absolue que le sol de Chillo dans la partie orientale et plus éloignée de la vallée. La température moyenne de Quito est de 11°,5 R., d'après mes observations de maxima et de minima de la température de l'air, embrassant à peine quatre mois; elle est de 12°,2 d'après les expériences ingénieuses de M. Boussingault sur la température du sol à 12 ou 14 pouces de profondeur dans un terrain extrêmement sec : différence 0°,7. C'est presque la température moyenne de Rome, mais à la hauteur de Quito, presque sous l'équateur même. La distribution de la chaleur dans les différentes parties de l'année, très-constante et uniforme pour les mois, varie dans les extrêmes des jours de 4°,8 à 17°,6 R. Il est extrêmement rare d'y voir de la glace, même en croûtes minces; encore est-ce seulement par l'effet du rayonnement nocturne sous un ciel sans nuages. Les académiciens français dépeignent le

climat comme plus doux qu'il ne l'est aujourd'hui. La comparaison avec la vallée circulaire de Cachemir ne paraît aucunement fondée. D'après les mesures récentes de M. Victor Jacquemont (1) et du baron de Hügel (2), la ville de Cachemir est placée de 3.700 pieds plus bas que Quito. Du grand marché de la ville (*Plaza mayor*), on aperçoit dans un voisinage menaçant les flancs escarpés (*faldas*) du volcan du Pichincha, sans voir cependant la série des sommets que nous devons bientôt décrire; on aperçoit aussi une colline pelée, qui surpasse en hauteur le pic de Ténériffe et où La Condamine avait placé une croix pour servir de signal dans la triangulation. La cascade aux reflets argentés de Cantuna, placée à l'ouest de la *cruz* de Pichincha à une hauteur de 1.728 toises, offre aussi un beau coup d'œil aux habitants de Quito. Le pied seul de la cascade reste caché derrière un rocher saillant.

LE PICHINCHA.

J'ai tracé à Quito même, d'après des relèvements très-complets, un plan topographique du volcan et de toutes les vallées qui conduisent le long du versant du sud-est jusqu'à son faîte prolongé comme un mur ou comme la crête d'un filon dans son affleurement. Pour servir à l'intelligence de cette carte, j'y ai ajouté une vue générale de l'aspect que présente par un ciel serein,

(1) Correspondance pendant son voyage dans l'Inde, t. II, p. 58, 74.

(2) *Journal of the Royal Geogn. Soc.*, t. VI, P. 2, p. 348. Jacquemont donne 5.350, M. de Hügel 5.850 pieds anglais : moyenne 875 toises.

non loin de Chillo, dans la savane de Cachapamba, le volcan de Pichincha. Là on peut en saisir tous les contours à la fois. La carte fait partie de l'atlas de l'Amérique méridionale, qui accompagne la relation de mon voyage; la vue pittoresque a paru dans les *vues des Cordillières*. Outre les mesures barométriques de plusieurs sommets ou roches qui forment la crête, j'ai pris une mesure trigonométrique de toute la montagne, dans la plaine de Cachapamba, qui est éloignée du cratère du Rucupichincha de 14.211 toises. Comme il m'était impossible de faire, dans les ravins et vallées étroites du volcan, sur son versant même, une triangulation précise qui aurait d'ailleurs exigé plusieurs semaines, je préférai la méthode hypsométrique ou des angles de hauteur, méthode plus courte, dont l'exactitude a été démontrée de la manière la plus évidente par l'application que j'en ai faite à la détermination des longitudes de Mexico et de Vera-Cruz, dans un intervalle de 3 degrés de longitude. Les angles pris dans la plaine de Cachapamba m'ont fait connaître en outre la masse et les dimensions de tout le volcan, comme celles des sommets détachés. Sur les coteaux de Poingasi où l'on aperçoit à la fois les trois rochers qui entourent le cratère du volcan et le clocher de l'église de la Merced, à Quito, j'ai réussi à trouver, par une triangulation assez compliquée, la distance du cratère à ce clocher (distance qui intéresse vivement les habitants de la ville à cause des dangers que peuvent offrir les éruptions du Pichincha). Plusieurs combinaisons différentes m'ont donné 5.586 toises. A ma grande satisfaction, longtemps après que mon plan avait été

gravé, j'ai trouvé à Paris la première ébauche d'une carte manuscrite provenant de la succession de La Condamine ; l'échelle permettait d'évaluer une différence de 8 à 10 toises. Cette carte présente, outre la ville de Quito et le clocher de l'église de la Merced, le centre même du cratère du Pichincha. Les autres sommets de la longue crête du volcan n'y sont pas marqués. La distance mesurée graphiquement sur la carte fut trouvée de 5.520 toises, différence : 66 toises ou $\frac{1}{84}$. Je dois faire remarquer aussi que je n'ai employé des azimuths magnétiques que dans l'opération de Poingasi et pour des points secondaires. On y est placé à 1.800 toises de distance du versant du volcan, et j'ai eu soin d'y évaluer la déclinaison magnétique absolue au moyen d'un déclinatoire de 14 pouces, muni, selon la méthode de Lambert, d'un gnomon filaire. Ces considérations générales sur les moyens employés à la construction de ma carte, déjà trop étendues peut être, suffiront pour apprécier le degré de confiance que peut mériter l'évaluation des principales dimensions d'un volcan qui, dans sa direction principale du S.-O. au N.-E., se présente comme une muraille isolée et non interrompue. Quant au contour de la montagne, dans la vue pittoresque, je l'ai dessiné en employant scrupuleusement les angles horizontaux et de hauteur, mesurés plusieurs fois et à différentes heures du jour avec le sextant.

La description que La Condamine donne dans la *mesure de la méridienne*, du volcan du Pichincha, est extrêmement vague. Il parle, à la vérité, de plusieurs sommets, mais il n'en nomme que trois au lieu de quatre. Les académiciens

français n'ont point mesuré le sommet le plus élevé, situé à l'extrémité sud-ouest du mur, le seul d'où sortent des éruptions. La cime unique dont il est fait mention dans l'inscription du collége des jésuites, et qui y est désignée seulement comme un *cacumen lapideum*, est le troisième sommet en forme de tour, si l'on compte les sommets du S.-O. au N.-E. Il est difficile de fixer exactement, d'après les hauteurs barométriques indiquées par La Condamine, et en l'absence de toute tradition, la position qu'occupait la hutte où les observateurs habitèrent plusieurs semaines de suite, avec une si courageuse persévérance. On ne peut être clair dans la description de la structure de la montagne, qu'en désignant d'une manière précise, les sommets par leurs noms indiens.

Ce qui frappe tout d'abord dans le Pichincha, c'est sa configuration si différente de la forme ordinaire conique des volcans. Le Pichincha présente le contraste le plus prononcé avec le cône parfait du Cotopaxi, dont les moindres inégalités sont cachées sous un manteau de neige, et dont les créoles espagnols disent avec raison qu'il est venu comme fait au tour (*hecho al torno*). Le Pichincha se prolonge en mur allongé, et cette étendue, considérable pour une hauteur qui est de 15.000 pieds à peine, nuit à l'effet majestueux du paysage aux endroits où l'on peut embrasser d'un seul coup d'œil toute cette arête isolée.

Le Pichincha est situé sur le dos de la Cordillière occidentale. En embrassant la chaîne dans son ensemble, on peut dire que le Pichincha se trouve dans un même *alignement* c'est-à-dire dans la même direction d'axe que les montagnes nei-

geuses d'*Iliniza*, du *Corazon* et de *Cotocachi*; il forme une rangée *unique* avec elles; mais à cause des précipices escarpés qu'oppose la Cordillière au rivage de la mer du Sud, on peut dire aussi que le Pichincha, considéré à part, couronne la chaîne des Cordillières comme une muraille, et que la direction spéciale de cette muraille dévie de la direction de la base sur laquelle elle repose (c'est-à-dire de l'axe général des Cordillières) de près de 35°. L'axe de la Cordillière occidentale de Quito se dirige N. 21° E. entre 0° 40′ de latitude australe, et 0° 20′ de latitude boréale. L'axe particulier du volcan, mené par les points culminants de ses sommets, court N. 56° E. D'après les aperçus géologiques les plus répandus de nos jours, la muraille d'origine plus récente, que nous nommons Pichincha, a été soulevée le long d'une crevasse qui s'écarte davantage du méridien vers l'est que le dos de la Cordillière. La grande plaine qui entoure la montagne de l'Antisana, à 12.600 pieds de hauteur, offre aussi le phénomène remarquable de surgissements partiels, indépendants de la forme générale du relief. Le sommet arrondi et neigeux de la montagne s'élève en forme d'île circulaire au milieu du plateau d'Antisana; mais à l'ouest, est sorti sur ce même plateau, dans la direction du nord au sud, un mur de rochers noir et étroit; c'est le Chussolongo qui, par sa forme, quoique en petit, ressemble au Pichincha. Le dernier est à la vérité isolé de toutes parts, cependant il l'est moins du côté du Corazon et de l'Iliniza où l'Atacazo s'en approche beaucoup, que vers le nord, près le Cerro de Cuicocha et le Nevado de Cotocachi, là où la rivière de Guallabamba se

fraye, à travers une large ouverture, un passage du plateau de Quniche, riche en obsidiennes, à la mer du Sud. Pour la parfaite intelligence de ce qui va suivre, je dois encore ajouter que les quatre sommets du Pichincha, qui apparaissent dans l'éloignement, partie comme des cônes, partie comme des pointes de rocher et des ruines de forteresses, se présentent dans l'ordre suivant du N.-E. au S.-O. 1° Une montagne conique sans nom, près du faîte d'Ingapilca, que je nommerai Pic des Condors, à cause du nombre considérable de ces grands vautours que l'on y aperçoit, et parce qu'elle termine la profonde crevasse de Cundurguachana, par laquelle des blocs erratiques sont descendus jusque dans l'Exido de Inaquito, vaste et belle plaine couverte de graminées. 2° Le Guaguapichincha, ce qui signifie l'enfant du vieux volcan. 3° Le Picacho de Los Ladrillos, ainsi nommé à cause des fentes parallèles qui divisent le mur du rocher en couches très-minces. Ce Picacho est réuni par un faîte étroit, à un autre cône qui s'étend plus au sud, celui de Tablahuma. 4° Le Rucupichincha (l'ancien ou le père), qui contient le cratère. Comme il sort un peu de l'alignement général des autres sommets, et se rapproche davantage de la mer du Sud, il apparaît, vu de Chillo ou de Poingasi, sous un angle de hauteur un peu moindre que la cime en forme de castel du Guaguapichincha.

Les naturels du pays, à la peau cuivrée, individualisant, pour ainsi dire, dans leur nomenclature, chaque cône isolé, nomment volcans de Cotopaxi et de Tungurahua les massifs entiers de ces montagnes colossales; mais sur le Pichincha, ils ne donnent le nom de *el volcan* qu'à la seule partie méridionale, de laquelle, suivant leurs tra-

ditions, sortirent des éruptions si fortes dans les années 1533, 1539, 1560, 1566, 1577, 1580 et 1660, que la ville de Quito fut longtemps plongée, en plein jour, dans la plus profonde obscurité, par les pluies de cendres. Lorsque les indigènes veulent passer pour plus *latinisés* (*muy latinos*), c'est-à-dire instruits, ils se servent même de préférence du mot *vulkan* pour désigner la dernière et quatrième cime; ils s'en servent plus souvent que du nom de Rucupichincha.

Première ascension. Nous fîmes la première tentative, pour parvenir au cratère du Pichincha, dans une sereine matinée du mois d'avril(1). Notre escorte était plus nombreuse que nous ne l'aurions souhaité, inconvénient que l'on ne peut éviter dans aucun voyage où la curiosité des habitants du pays est excitée par les instruments dont on se sert. Comme on chasse en troupe dans les contrées inférieures du volcan, et que les Indiens apportent aussi à la ville un mélange de grêle et de neige qu'ils prennent vraisemblablement, non pas sur les sommets couverts de neige du cratère, mais dans de profondes cavités de neige et de glace, tous les hommes de notre escorte, blancs et rouges, se vantaient de connaître parfaitement la contrée. J'avais été à l'Antisana précisément un mois avant, avec M. de Bonpland et le jeune fils du marquis de Salvalègre, Carlos Montufar, qui nous avait accompagnés à la rivière des Amazones, à Lima, à Mexico et à Paris, et qui, après son retour d'Europe, trouva la mort dans les glorieux combats pour la liberté de sa patrie. Nous étions arrivés sur l'Antisana bien au-dessus de la limite des neiges, à

(1) Le 14 avril 1802.

une arête de rochers qui avait plus de 17.000 pieds de hauteur absolue, de sorte qu'il nous paraissait comparativement bien facile de parvenir au sommet le plus élevé du Pichincha, qui surpasse le Mont-Blanc de 180 pieds à peine. L'expérience nous montra que les profondes vallées en forme de crevasses qui séparent les quatre sommets principaux du Pichincha, présentent en beaucoup de points des obstacles infranchissables.

Nous nous dirigeâmes d'abord de Quito vers le N.-O. pour parvenir à la cascade *Chorro de la Cantana*, en passant à côté du jardin du couvent *Recolleccion de la Merced*. La Recolleccion est située entre deux des *guaycos* ou crevasses ouvertes de 30 à 40 pieds de largeur, dont j'ai parlé plus haut, et qui toutes se rattachent au versant de la montagne. Les deux crevasses se rejoignent un peu au nord de l'église de *la Merced*, où l'on peut les franchir sur un pont. Plus loin, vers la place de Saint-François, les guaycos deviennent invisibles, parce que des constructions élevées les cachent sous des voûtes. Quelques-uns de ces guaycos paraissent de larges filons entr'ouverts de 60 à 80 pieds de profondeur. En beaucoup de points, sur une longueur de 30 à 40 toises, ils ne sont pas ouverts à leur partie supérieure, mais ils ressemblent à des aqueducs ou à des galeries souterraines. C'est une croyance populaire à Quito que, si les magnifiques églises et les édifices élevés de la ville souffrent si peu des fréquents tremblements de terre, cela tient à ce que ces crevasses ouvertes, importantes sous un autre point de vue géognostique, offrent une issue libre aux vapeurs élastiques (*à los vapores*). Cette théorie, adoptée aussi par Ulloa, et liée à l'ancienne

croyance des Romains sur l'utilité des puits pendant les tremblements de terre, est peu confirmée par l'expérience. Des observateurs attentifs ont remarqué que quelques-uns des quartiers orientaux de la ville de Quito, près de *Santa Barbara* et de *San Juan Evangelista*, qui ne sont entrecoupés par aucun des guaycos, souffrent moins que ceux qui en sont plus rapprochés. Les coteaux peu escarpés (*faldas*) qui conduisent à la chute d'eau de la Cantuna sont couverts de gazons et de groupes de plantes *sociales* (*Podosaemum debile*, *Gymnotrix* et *Stipa eminens*, *Cavan*). Quelques calcéolaires fleuris apparaissent isolés dans la savane. La chute d'eau de Cantuna, élevée de 1.728 toises au-dessus du niveau de la mer, était alors très-pauvre, et entrevue de la *Plaza mayor*, dans d'autres saisons, elle avait excité davantage notre curiosité. Plus loin, nous suivîmes en montant une étroite fondrière par laquelle nous parvînmes à une petite plaine entièrement horizontale (*Llano de la Torca* ou *Llano de Palmascuchu*); nous laissâmes à notre droite la croix de La Condamine, la *crux de Pichincha*, que l'on voit de très-loin. La hauteur absolue de la plaine de Palmascuchu est de 2.280 toises. Une plaine entièrement semblable, mais presque de moitié plus petite (au plus de 300 toises de largeur), le *Llano de Altarcuchu*, est située à l'ouest, également très-près de la crête principale de la montagne.

Ces deux plaines, semblables à un ancien fond de lac, terminent les vallées ascendantes, et sont séparées par un contrefort au-dessus duquel s'élève le rocher à formes bizarres de Guaguapichincha. De la première petite plaine de Palmascuchu,

située au nord-est, nous eûmes une vue magnifique sur l'Antisana, sur la cime appelée le volcan d'Ansango, sur le Cotopaxi et le Sinchulahua, appartenant tous à la Cordillière de l'est. Il était onze heures du matin, et malgré la hauteur où nous étions, le thermomètre marquait à l'ombre jusqu'à 11° R. Le Guaguapichincha, vu de la plaine, ressemble à un château fort en ruine. Nous croyions d'abord que cet aspect était dû à des colonnes verticales articulées; mais lorsque nous eûmes gravi jusqu'à cet endroit, nous trouvâmes une roche noire, semblable à du pechstein, et fendue en couches très-minces. Ces couches n'avaient souvent que 2 à 3 pouces de puissance; quelques groupes étaient épais de 12 à 14 pouces; tous plongent d'une manière très-régulière de 85° au nord. La direction des couches était *hora* 6, 4, selon la boussole du mineur allemand. Des fentes transversales donnaient dans l'éloignement, à la roche luisante non décomposée et à couches presque perpendiculaires, quelque ressemblance avec la roche de phonolite ou porphyre schisteux. Je nommai alors cette roche un trapp-porphyre à base de pechstein. Là où je n'avais soupçonné que de l'amphibole, M. de Buch qui examina attentivement à la loupe, bientôt après mon retour en Europe, mes collections alors beaucoup plus riches, reconnut distinctement des cristaux de pyroxène. Il trouva aussi cette même substance dans les roches volcaniques du Chimborazo. D'après les recherches récentes de M. Gustave Rose, la base noire de la roche piciforme dont se compose le Guaguapichincha, à 2.378 t. de hauteur, renferme du labrador outre le pyroxène; mais elle ne contient ni feldspath, ni albite, ni

amphibole. L'éclat de la roche n'atteint pas celui du pechstein proprement dit; seulement la masse, faiblement translucide aux arêtes, est d'une cassure inégale. Au chalumeau, M. Rose l'a vue se transformer en un verre blanc, mais difficilement et seulement aux arêtes. Le labrador s'y trouve dans des cristaux accouplés à angles rentrants. Les cristaux sont blancs, fortement translucides, et ont à la cassure un bel état nacré. Ils paraissent seulement petits et étroits aux plans de joint à angles rentrants, longs d'environ deux lignes, et souvent dispersés dans la masse. Les cristaux d'augite sont d'un vert noirâtre, ordinairement petits et en petit nombre. Voilà donc aussi au Pichincha comme à l'Etna, une roche doléritique dans laquelle domine le labrador. Les contours du Guaguapichincha sont singulièrement dentelés, ce que l'on remarque pour beaucoup de roches noires volcaniques des Andes. Du côté du sud-ouest, nous vîmes des aiguilles et des dentelures qui, avec 10 pouces d'épaisseur à peine, s'élevaient à une hauteur verticale de 8 à 9 pieds. Le dessin que j'ai fait soigneusement du contour du Guaguapichincha (en l'examinant par une lunette grossissant quatre-vingts fois, de la plaine de Chillo à une distance de 13.326 t.), montre que le Guaguapichincha est bien le *acutum* et *lapideum cacumen* de l'inscription placée au couvent des jésuites par La Condamine. Le pic le plus élevé est taillé en forme de clocher, mais tronqué au sommet.

Dans notre ascension par le ravin étroit qui conduit à la petite plaine de Palmaseuchu, au pied du Guaguapichincha, nous avions déjà trouvé à moitié chemin de la croix qui servit autrefois de signal, environ à 1,800 t. de hauteur, le rocher nu, cou-

vert çà et là de pierre ponce. Ces gisements de pierre ponce devenaient plus fréquents à mesure que nous montions davantage. Il fut bientôt évident pour nous que, sur le sommet du Guaguapichincha, la pierre ponce est plus abondante le long des pentes ouest et sud-ouest, par conséquent vis-à-vis le cratère de Rucupichincha, que sur le versant opposé. Elle contraste d'une manière remarquable, par sa couleur blanche, quelquefois jaunâtre, avec la couleur noire de la roche pyroxénique.

Les naturels du pays qui nous servaient de guides, nous avouèrent bientôt d'eux-mêmes qu'ils n'avaient jamais atteint la cime de la montagne : ils ne pouvaient nous donner d'autre conseil pour parvenir au troisième pic, *pico de los Ladrillos*, le plus rapproché du cratère, que de descendre d'abord dans la plaine de Palmascuchu, et ensuite dans les gorges secondaires d'Altarcuchu et de Verdecuchu (marchant au-dessus du rapide contrefort de Loma-Gorda, qui sépare deux crevasses voisines et sensiblement parallèles).

Un coup d'œil jeté sur la carte fera concevoir la structure particulière, mais, à proprement parler, uniforme de la montagne. Beaucoup de vallées sèches (véritables crevasses) se détachent de la cime vers le plateau de Quito. Ce sont les gorges de Cundurguachana, auxquelles, comme nous le dirons bientôt, correspond une ouverture près de Guapulo, au pied du Pichincha; la Quebrada, qui conduit à Palmascuchu; enfin la vallée de Verdecuchu, et la vallée plus large de Juyucha; enfin une cinquième fondrière qui conduit à une plaine couverte de pierres ponces au pied du Rucupichincha, dans la vallée de Lloa Chiquito. Les embou-

chures de ces vallées sont disposées de telle sorte que les inondations produites par la fonte des neiges à chaque éruption volcanique, sont détournées de la ville de Quito, et arrivent à Lloa et dans la plaine du Turubamba. D'après les vues de la nouvelle géognosie, on ose attacher quelque importance à ce phénomène des fentes du Pichincha. Leur origine remonte au soulèvement de la montagne qui les a déterminées; elles n'ont point été creusées par les eaux, mais elles peuvent avoir renfermé plus tard des bassins d'eau de neige fondue, partout où ces eaux étaient maintenues par des barrages naturels. En effet, lorsque nous montions de la petite plaine de Verdecuchu (2.173 toises) à la plaine d'Altarcuchu (2.256 toises), je crois avoir reconnu distinctement, près du faîte de la montagne, cette disposition d'anciens bassins qui se suivent par gradins, et présentent le fond de petits lacs alpins desséchés.

Au lieu de nous diriger sur le Picacho de los Ladrillos (la montagne des Briques) par la crête étroite entièrement recouverte de pierres ponces qui joint le Guaguapichincha avec ce sommet, les Indiens nous firent gravir sur les parois de rocher presque verticales des bassins environnants de l'Altarcuchu, sur la montagne même des Ladrillos.

La hauteur verticale relative n'est que de 900 pieds. Le sommet de la montagne des Ladrillos est un cône presque entièrement recouvert de pierres ponces. Cette ascension nous rappelait le cône de cendres du pic de Ténériffe (Pan de Azucar). Une bande de pierre noire éclatante comme le pechstein, et divisée en minces couches verticales, a valu à cette partie du Pichincha le

nom de *Pico de los Ladrillos*. Les naturels la nomment une *muraille naturelle*. La ressemblance des strates verticaux, lorsqu'on les voit de loin, avec des colonnes minces de basalte, est très-frappante. La zone de roches doléritiques qui entoure le cône au-dessous de son sommet est entrecoupée, à sa partie inférieure, par une couche orbiculaire de pierre ponce, qui gît là en forme d'île, et se détache sur un fond noir. J'ai dessiné deux fois la vue du sommet de los Ladrillos, une fois très-près, à un intervalle de 500 toises, et une autre fois à travers un télescope, en l'examinant de Chillo. Ces deux esquisses concordent parfaitement, et la tache de pierre ponce en forme d'île m'a souvent empêché de confondre un sommet avec un autre dans la mesure des angles. Nous trouvâmes 2.402 toises pour la hauteur du pic de los Ladrillos. Il y avait assez d'espace sur la cime pour y établir un graphomètre de Ramsden sur son pied, et pour mesurer en outre, au moyen d'un sextant, les angles nécessaires au canevas de la carte du volcan et à la détermination de la position relative de ses sommets isolés, comparés au gisement des montagnes de neige voisines. Le froid était sensible (d'environ + 3° R.). Des masses de neige isolées couvraient la pente de la montagne. Vers le sud-ouest, nous aperçûmes alors dans toute sa splendeur, mais séparé par des précipices qui paraissaient inaccessibles, le volcan du Rucupichincha entièrement couvert de neige. Le lieu de l'ouverture du cratère restait encore inconnu pour nous, car depuis le mois de juin 1742, personne n'était parvenu à son bord. On savait seulement à cette époque que le cratère s'ouvrait vers la mer du Sud.

On jouit également de ce côté, du haut du

sommet du pic de los Ladrillos, d'une des vues les plus magnifiques qui se soient jamais offertes à moi dans tous mes voyages de montagnes. Le versant sud-ouest du Pichincha est très-escarpé. Là il est aussi divisé par des gorges parallèles entre elles et perpendiculaires à la crête. Nous apprîmes, dans une autre excursion, seulement les noms de deux de ces ravins, la Quebrada de Nina urcu, et du plus rapproché du Rucupichincha, la Quebrada de las Minas de Melizaldi. Dans ces solitudes élevées, au milieu de roches volcaniques, on a aussi fait des fouilles pour chercher tantôt des mines, tantôt des trésors enfouis. L'aspect du sol, à la partie inférieure du versant, présente la végétation forestière de los Jumbos, qui, presque impénétrable, s'étend jusqu'au rivage de la mer, et remplit des plaines vastes et brûlantes. Pour découvrir quelle est la partie du littoral qui se rapproche le plus du volcan, on ne peut avoir recours jusqu'à présent qu'aux déterminations de Malaspina, Espinosa et Bauza.

L'expédition des navires *Descubierta* et *Atrevida* a longé la côte depuis Guayaquil jusqu'en face du promontoire de Guasacama, à une distance de 15 à 16 milles marins (de 60 au degré). L'erreur de $\frac{3}{4}$ de degré en longitude, que mes observations astronomiques ont fait connaître pour la ville de Quito, et la position également beaucoup trop orientale que Malaspina et tous les navigateurs et géographes postérieurs donnent au port de Guayaquil, ont naturellement une grande influence sur l'évaluation de la distance à laquelle le littoral de la mer du Sud est le plus rapproché du volcan. Comme les longitudes chronométriques de Malaspina dépendent des différences avec le méridien de Guayaquil, elles avaient besoin

d'une correction de 18 minutes en arc; ensuite, en rapportant le volcan de Pichincha à Quito, qui en est voisin, et en donnant à ce dernier point sa véritable longitude de 81° 4′, il s'ensuit que la côte de la mer du Sud la plus rapprochée de l'œil est située à une distance de 88 minutes en arc, ou de 22 milles géographiques de 15 au degré équatorial.

Telle est immédiatement à l'ouest du volcan la distance de l'embouchure du Rio del Palmar, ainsi qu'au nord-ouest; c'est la distance du petit golfe de Las Sardinas et San Mateo, près de la rivière des Esmeraldas. Dans la carte de la province de Quito par La Condamine et Maldonado, à laquelle nous avons donné précédemment des éloges mérités, les côtes sont malheureusement dessinées avec tant d'inexactitude, que la position des côtes les plus voisines de la rivière des Esmeraldas est erronée de plus de 30 minutes en arc. La courbure de la terre fournit, pour la hauteur du Pichincha, un horizon visuel de 2° 13′ de rayon, sans réfraction, et d'environ 2° 25′ en supposant des effets de réfraction tels qu'on les observe ordinairement sous l'équateur. Il n'est donc pas douteux que l'on ne puisse voir bien au loin dans la mer, du sommet du volcan. L'horizon de la mer qui s'élève toujours, comme on sait, à la hauteur de l'œil, de telle sorte qu'au Pic de Ténériffe, par exemple, les objets voisins paraissent comme projetés et peints sur la surface de la mer, s'étend, pour le volcan de Pichincha, encore à 56 minutes en arc, ou à 14 milles géographiques de distance du littoral de la mer du Sud. Les épaisses forêts vierges des Jumbos, et de l'ancienne *Governacion* de las Esmeraldas, sillonnées par beaucoup de fleuves, versent une prodigieuse quantité de vapeurs dans l'atmosphère.

Ainsi, lorsque nous eûmes atteint la crête de la montagne, nous trouvâmes vers le sud-est, du côté du plateau de Quito, un ciel pur et entièrement dépouillé de nuages (le cyanomètre de Saussure marquait 37°), tandis qu'un banc d'épaisses vapeurs s'étendait sur les plaines de l'ouest, recouvertes d'une riche végétation. Dans cette zone de nuages se trouvait une ouverture unique, à travers laquelle nous aperçûmes une large surface bleuâtre. Était-ce une de ces rangées de nuages déliés que j'ai vus répandus le matin sur l'Océan, du haut du Pic de Ténériffe et de plusieurs sommets des Cordillières, et dont la surface supérieure ne présente aucune inégalité, ou bien était-ce la mer du Sud elle-même (comme nos compagnons l'affirmaient, et comme la couleur semblait l'indiquer)? Je n'oserais trancher la question. Si l'horizon de mer est placé à une distance de plus de deux degrés, la lumière totale réfléchie par l'eau est trop faible pour que dans le long trajet jusqu'à la cime d'une montagne de 15.000 pieds de hauteur, la plus grande partie n'en soit pas perdue par absorption dans l'atmosphère. Alors la limite de l'horizon visible, l'air reposant sur une ligne d'eau, on voit, pour ainsi dire, dans le vide, comme si l'on était dans un aérostat, où, d'après l'expérience de M. Gay-Lussac, les ondes sonores montent plus haut que la faible lumière terrestre réfléchie par l'horizon.

Par la très-basse température de 3°, l'hygromètre à baleine de Deluc marquait 32° entre midi et une heure (à une hauteur à peu près égale, et par une latitude de 0° 11′ sud, les astronomes français, dans leur hutte, ont vu le thermomètre de Réaumur descendre, pendant la nuit, presque jusqu'à 5° au-dessous de 0.). Une grande sécheresse s'était

aussi manifestée peu de temps auparavant, à ma grande surprise, lorsque nous étions enveloppés parfois dans un brouillard léger. L'hygromètre ne marqua pas alors au-dessus de 34°. La tension électrique de l'atmosphère offrit une observation remarquable : longtemps après que nous n'étions plus entourés par une couche de vapeurs, l'électromètre de Volta, muni d'un conducteur métallique vissé, d'environ 8 pieds de hauteur au-dessus du rocher, marquait 3 lignes d'électricité positive. Il était inutile d'armer les pointes avec de l'amadou fumant. Mais lorsque nous entrâmes dans une couche de brouillards, l'électricité devint subitement négative, d'environ une ligne, et varia alors en changeant de l'état négatif au positif, durant le passage du nuage. Ce phénomène rappelait, sur une échelle fort petite, ce que l'on observe pendant l'orage; la vapeur vésiculaire était sans doute distribuée par couches distinctes.

Du pic de Los Ladrillos, sur lequel nous étions, se détache une crête étroite de rochers, entièrement recouverte de pierre ponce, qui va jusqu'à une cime voisine un peu plus basse et parfaitement conique, *le Tablahuma*. La crête horizontale est placée 46 toises plus bas que la montagne des Ladrillos, et 34 toises plus bas que le Tablahuma. Là où la roche se montre à nu, elle est encore partagée en strates minces, fortement inclinés, et semblables au phonolite par sa structure. J'avais fait construire pour mon voyage, par l'habile mécanicien Paul, à Genève, outre le cyanomètre de Saussure (instrument bien imparfait), un très-bel appareil pour l'évaluation du point d'ébullition sur de hautes montagnes. Je ne me servais pas de la *bouilloire thermoscopique*, comme l'ont fait des

voyageurs modernes dans l'Asie mineure, dans la Perse et dans la Boukharie, pour évaluer les hauteurs par une méthode déjà publiée en 1739, par Lemonnier (l'erreur d'un degré Fahrenheit, dans l'observation du point d'ébullition, peut donner lieu à une erreur de 340 pieds dans l'estimation de la hauteur); je préférais observer simultanément la hauteur du baromètre, la température de l'air et du mercure, et le point d'ébullition de l'eau, aussi souvent que je le pouvais, pour réunir des faits propres au perfectionnement de la théorie alors encore si incertaine de Deluc, des variations du point d'ébullition. L'appareil venait d'être installé lorsque nous reconnûmes, avec regret, que l'Indien qui portait les matières ordinairement employées à faire du feu, n'avait point encore atteint le sommet. Par un heureux hasard, le soleil se montra avec une lumière éclatante. Nous savions qu'une plante alpestre laineuse, de la famille des composées, et qui ne commence à se montrer qu'à une hauteur de 13.500 pieds, le *culcitium rufescens*, décrit pour la première fois dans nos *Icones plantarum æquinoxialium*, fournit une espèce d'amadou (*yesca*), matière très-facilement inflammable, et toujours sèche. Ce *Frailejon* du Pichincha ne doit pas être confondu avec une plante de la Nouvelle-Grenade, laineuse aussi, et portant le même nom, mais qui appartient au genre Espeletia. Nous enlevâmes l'objectif d'une grande lunette de Dollond, et nous enflammâmes au soleil la laine des feuilles du *culcitium*, qui se laisse enlever avec l'épiderme, comme un gant. Le vase rempli d'eau de neige, donna pour le point d'ébullition 187°,2 Fahrenheit (un peu moins de 69° Réaumur). A très-peu de distance de là, le

baromètre indiquait 16 pouces 4,64 lignes (ancienne mesure française), réduction faite à la température de o. D'après les calculs de M. Poggendorf, mon observation du point d'ébullition indique; d'après la table psychrométrique de M. Auguste, fondée sur les recherches de M. Gay-Lussac, une hauteur barométrique de 199, 4 lignes de Paris. D'après la table de M. Biot, fondée sur les recherches de Dalton, on trouverait environ une ligne et demie de plus, ou 200, 92 lignes de Paris (les hauteurs du mercure étant toujours ramenées à la température o). Une observation immédiate faite sur l'arête de rocher qui joint la montagne des Ladrillos avec la cime du Tablahuma, me donna avec mon baromètre 196, 64 lignes de Paris (réduction faite à 0°), résultat plus rapproché de la table de M. Gay-Lussac et de M. Auguste que de celle de MM. Dalton et Biot; il ne faut pas oublier cependant, que dans ce genre d'observations très-délicates, un degré Fahrenheit correspond déjà à 4, 5 lignes de hauteur du baromètre.

Si l'on pouvait avoir une pleine confiance à nos tables actuelles et aux évaluations de la force élastique de la vapeur d'eau au-dessous de 80° Réau., il résulterait de ces comparaisons, que j'aurais trouvé de quelques fractions de degré trop élevé le point de l'ébullition de l'eau de neige, quoique je me fusse servi d'un vase construit d'après le modèle de la bouilloire de Saussure, et duquel les vapeurs pouvaient s'échapper très-librement.

Le sommet ignivome du Pichincha était encore, comme je l'ai fait observer plus haut, à une distance considérable, séparé de nous par une crevasse infranchissable. Comme nous ignorions le chemin, et que nous pouvions compter seulement sur trois heures de jour, il aurait été imprudent

de poursuivre notre exploration et de contourner le ravin ou plutôt le grand bassin de la *Sienega del vulcan*. Une circonstance fortuite, si peu importante qu'elle fût alors, engagea mes compagnons à insister pour un prompt retour. J'étais resté très-longtemps seul, sur le sommet de Tablahuma, pour déterminer, avec plus de soin encore, le point d'ébullition. La fatigue d'une marche de dix heures, à pied, par des chemins escarpés, le froid, et les vapeurs épaisses de charbon que dégageait le brasier sur lequel je me tenais penché (on sait que sous la faible pression atmosphérique de 15 à 16 pouces la flamme se divise, et s'élève difficilement), me causèrent des vertiges et une défaillance. Jamais, après de plus grandes fatigues et à des hauteurs plus élevées de quelques milliers de pieds, auparavant ni plus tard, je n'ai éprouvé un accident semblable. Les vapeurs de charbon avaient assurément produit plus d'effet que la hauteur peu considérable de 2.356 toises. Mes compagnons de voyage qui se trouvaient sur la pente occidentale du sommet, s'aperçurent bientôt de l'accident : ils accoururent pour me relever et me rendre les forces, en me faisant prendre un peu de vin. Nous descendîmes lentement par la vallée de Juyucha, jouissant pendant le retour, de l'admirable vue que nous offrit le volcan de Cotopaxi éclairé par les rayons de la lune; c'est de toutes les montagnes de neige, sans doute à cause de sa forme parfaite de cône et du manque absolu des inégalités de surface, celle qui se montre le plus souvent entièrement libre de nuages. Nous arrivâmes à Quito vers les 7 heures du soir.

La composition de la roche du Pichincha est, suivant toute probabilité, peu différente à la partie inférieure de ce qu'elle est dans la région plus

élevée; mais le mélange est à grains moins fins, et présente un aspect différent. Une carrière (*Cantera*) voisine du Panecillo de Javirac (sommet arrondi isolé, au-dessous duquel les Incas avaient essayé de creuser une galerie pour ouvrir un passage à Turubamba), offre beaucoup d'intérêt sous le rapport géognostique. La roche de la Cantera est désignée sous le nom de grès par le peuple; elle est disposée en couches, d'une couleur ordinairement gris-verdâtre, avec des rognons rougeâtres, et mélangée çà et là de petites lames de mica noir. Je l'avais nommée, pendant mon voyage, grünstein porphyrique à grains très-fins; mais d'après l'examen plus soigneux de M. Rose, c'est également une roche doléritique criblée d'un grand nombre de pores très-petits. On distingue dans la masse quelques cristaux blancs de labrador avec des angles distinctement rentrants, et beaucoup de cristaux de pyroxène d'un vert noirâtre. L'amphibole n'y paraît pas. A un niveau inférieur à celui de la Cantera, sous le sol de la ville de Quito même, auprès de l'église de Saint-Roch, dans une excavation de 15 pieds de profondeur, j'ai trouvé au milieu d'une couche d'argile un banc de pierre ponce de 8 à 10 pouces d'épaisseur.

Pour terminer le récit de cette première expédition au volcan du Pichincha, je dois encore parler des nombreux blocs à arêtes très-vives qui gisent à l'extrémité nord-ouest de la montagne, dans la belle savane d'Inaquito, célèbre par la bataille qui s'y livra en 1516, entre Gonzalve Pizarre et le vice-roi Blasco-Nuñez-Vela. Ces blocs, d'une grosseur extraordinaire, nullement arrondis et non poreux, ressemblent, comme la roche du Guaguapichincha, à un pechstein noir et lustré.

Les habitants nomment le phénomène de cette accumulation de blocs, la *Reventazon*, mot difficile à traduire, et par lequel ils désignent à la fois l'effet d'un ébranlement et d'une éruption volcanique. Les blocs gisent par rayons, sensiblement alignés, mais toujours accumulés en plus grand nombre au pied même du volcan. Ce lieu s'appelle *Rumipamba*. Je crois que les blocs, peut-être, lors du premier soulèvement de la montagne, ont été rejetés à travers la crevasse des Condors. Il m'a paru très-digne d'attention que, dans la même direction de la crevasse, la petite chaîne de collines qui termine la plaine d'Inaquito ou d'Anaquito à l'ouest, présente une fente qui porte un nom particulier (Boca de Nayon). La même cause, ai-je dit dans mon journal, qui à la pente de Pichincha a ouvert la vallée étroite de Cundurguachana, aura sans doute aussi produit le Boca de Nayon. C'est comme une pente naturelle qui conduit dans un bassin étroit, dont le fond, d'après une mesure barométrique, est placé à 840 pieds plus bas que la plaine où gisent les blocs erratiques. Le joli petit village, Guapulo, dont l'église est ornée de colonnes d'ordre dorique, s'élève dans ce bassin. Le tout ressemble à une cavité de filon, et l'on peut à peine s'empêcher de craindre, que dans un pays soumis à de si grands et si fréquents bouleversements, cette cavité ne vienne un jour à se fermer et à ensevelir sous les décombres le village de Guapulo, ses jardins si riches en arbres fruitiers, et l'église qui renferme une des images les plus révérées de la province de Quito.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites en 1838, dans le laboratoire de chimie de Vesoul;

Par MM. THIRRIA et EBELMEN, ingénieurs des mines.

Expériences de M. Thirria.

1° *Analyse du minerai de fer d'Oppenans* (Haute-Saône).

Ce minerai se trouve en couche dans la partie inférieure du premier étage du terrain jurassique; il se compose de fer hydroxydé en oolites miliaires, réunies par un ciment argilo-calcaire de couleur rougeâtre. On l'a exploité pendant un grand nombre d'années pour les hauts-fourneaux du Magny et de Saint-Georges; mais on n'en fait plus usage, parce qu'il n'est pas riche et qu'il rendait les fontes blanches et cassantes quand on en portait plus d'un huitième en volume à la charge. Il était intéressant, en conséquence, de rechercher quelle pouvait être la cause du vice qu'il donnait aux fontes. On l'a trouvé composé comme il suit :

Peroxyde de fer. . . .	0,3060		
Oxyde de manganèse. .	0,0100		
Carbonate de chaux. .	0,3840		
Carbonate de magnésie.	0,0080		
Acide phosphorique. .	0,0034		
Alumine soluble.. . . .	0,0080		
Argile.	0,1600	Silice. . .	0,1200
		Alumine..	0,0400
Eau et oxygène.	0,1200		
Perte.	0,0006		
	1,0000		

C'est donc à l'acide phosphorique contenu en assez grande quantité dans le minerai d'Oppenans qu'il faut attribuer la mauvaise qualité qu'il donne aux fontes qui proviennent de son traitement, en proportion un peu forte. D'ailleurs, comme il n'entre dans sa composition que 21 p. o/o de fer métallique, on conçoit pourquoi ce minerai rend à peine en grand 20 p. o/o de fonte.

2° *Analyse du minerai de fer de Noroy* (Haute-Saône).

Ce minerai se trouve, comme le précédent, dans la partie inférieure du premier étage du terrain jurassique, et il est formé également par la réunion d'oolites miliaires de fer hydroxydé, disséminées dans une pâte argilo-calcaire de couleur rougeâtre. On a le projet de le traiter dans le haut-fourneau récemment établi à Ronchamp. Il a la composition suivante :

Peroxyde de fer.	0,4480
Oxyde de manganèse.	0,0140
Carbonate de chaux.	0,2320
Carbonate de magnésie. . .	0,0066
Acide phosphorique.	0,0022
Alumine soluble.	0,0738
Argile.	0,1200
Eau et oxygène.	0,1020
Perte.	0,0014
	1,0000

Il contient 31 p. o/o de fer métallique.

Les fontes dans la fabrication desquelles entrera le minerai de Noroy seront nécessairement de deuxième qualité, à cause de la présence de l'acide phosphorique; mais, comme elles doivent être affinées à la houille par la méthode anglaise, elles donneront des fers aussi bons qu'il est possible de les obtenir par cette méthode.

3° *Analyse du minerai de fer de Marmirolle* (Doubs).

Ce minerai constitue, comme les deux précédents, une couche dans la partie inférieure du premier étage du terrain jurassique, et résulte d'une agglomération d'oolites miliaires de fer hydroxydé dans une pâte argilo-calcaire d'un rouge brunâtre. M. Gauthier, maître de forges dans la Haute-Saône, a le projet d'en faire usage dans plusieurs hauts-fourneaux qu'il fait valoir dans le département du Doubs. La composition est la suivante :

Peroxyde de fer.	0,3100
Oxyde de manganèse. . . .	0,0140
Carbonate de chaux.	0,3464
Carbonate de magnésie. . . .	0,0060
Acide phosphorique.	0,0020
Alumine soluble.	0,0200
Argile.	0,2000
Eau et oxygène.	0,1000
Perte.	0,0016
	1,0000

Ce minerai n'est pas riche, puisqu'il ne contient que 21 p. o/o de fer métallique, et qu'il ne rendrait guère que 20 p. o/o de fonte par la fusion en grand. Il ne peut d'ailleurs donner que des fontes de deuxième qualité, à cause de l'acide phosphorique qui l'accompagne. En conséquence, il paraît convenable de n'en faire usage que dans les hauts-fourneaux qui produisent des fontes destinées au moulage.

4° *Analyse du minerai de fer de Vellemenfroy* (Haute-Saône).

Ce minerai, analogue aux précédents, se trouve en couche dans la partie supérieure des marnes du

troisième étage du terrain liassique, presque au contact du terrain jurassique. Il est formé d'oolites miliaires de fer hydroxydé, disséminées dans une marne endurcie, de couleur brunâtre. On le traite, avec d'autres minerais, dans le haut-fourneau de Ronchamp. Il contient :

Peroxyde de fer.	0,3700
Oxyde de manganèse. . . .	0,0140
Carbonate de chaux.	0,0940
Carbonate de magnésie. . .	0,0018
Acide phosphorique.	0,0022
Alumine soluble.	0,0100
Argile.	0,3720
Eau et oxygène..	0,1350
Perte.	0,0010
	1,0000

D'après sa teneur en péroxyde de fer, il ne renferme que 25,6 p. o/o de fer métallique. Aussi ne rend-il en grand que 24 p. o/o de fonte.

5° *Analyse du même minerai de Vellemenfroy, préalablement bocardé et lavé.*

Ce minerai, bocardé et lavé, a la composition suivante :

Peroxyde de fer.	0,4000
Oxyde de manganèse. . . .	0,0150
Carbonate de chaux.	0,1080
Carbonate de magnésie. . . .	0,0020
Acide phosphorique.	0,0026
Alumine soluble.	0,0080
Argile.	0,3400
Eau et oxygène.	0,1240
Perte.	0,0004
	1,0000

Comme il renferme 27,7 p. o/o de fer métallique, la préparation qu'il subit n'augmente que

de 2 p. o/o sa teneur métallique, et par conséquent ne peut ajouter que 1,5 p. o/o de fonte environ à son rendement en grand, ce qui ne paraît pas pouvoir compenser les frais de bocardage et de lavage.

6° *Analyse du minerai riche de Saulnot* (Haute-Saône).

Ce minerai, qui est un fer oligiste compacte, se trouve, en amas et petits filons, dans un porphyre subordonné au terrain de transition. On l'exploite pour les hauts-fourneaux de Saint-Georges, de Fallon et de Ronchamp. Il est réputé d'excellente qualité. Sa composition est la suivante :

Peroxyde de fer.	0.6500
Oxyde de manganèse. . . .	0,0500
Carbonate de chaux.	0,1380
Carbonate de magnésie. . .	trace.
Alumine soluble.	0,0080
Gangue.	0,1400
Eau et oxygène.	0,0400
Perte.	0,0100
	1,0000

D'après sa teneur en péroxyde de fer, ce minerai contient 45 p. o/o de fer métallique, aussi rend-il en grand 42 à 43 p. o/o de fonte au moins.

7° *Analyse du minerai pauvre de Saulnot* (Haute-Saône).

Ce minerai accompagne le précédent, qu'il sépare de la masse porphyrique qui renferme ses amas ; et c'est plutôt un porphyre quartzeux imprégné de fer oxydé rouge qu'un fer oligiste compacte. On l'a trouvé composé comme il suit :

Peroxyde de fer.	0,1780
Oxyde de manganèse.	0,0140
Carbonate de chaux.	0,0200
Alumine soluble.	0,0500
Gangue.	0,6900
Eau et oxygène.	0,0400
Perte.	0,0080
	1,0000

Ce minerai ne contenant que 12 p. o/o de fer métallique, ne devrait pas être porté dans les hauts-fourneaux, puisque son rendement en fonte ne peut y excéder 11 p. o/o.

8° *Analyse du minerai de fer de Narcy* (Haute-Marne).

Ce minerai constitue une couche dans la partie supérieure du terrain néocomien, étage inférieur du grès vert. Il se compose d'oolites miliaires de fer hydroxydé, qui ont été séparées par le bocardage et le lavage de l'argile plus ou moins endurcie, dans laquelle elles sont disséminées. On le consomme dans plusieurs hauts-fourneaux des environs de Saint-Dizier, qui produisent des fontes blanches d'un grain fin et serré. On l'a trouvé composé comme il suit :

Peroxyde de fer.	0,6600
Oxyde de manganèse.	0,0400
Carbonate de chaux.	0,0070
Acide phosphorique.	0,0020
Alumine soluble.	0,0400
Argile.	0,0760
Eau et oxygène.	0,1650
Perte.	0,0100
	1,0000

Ce minerai, qui contient 45,7 p. o/o de fer métallique, est, avec le minerai du Montgérard, le

plus riche des minerais oolitiques du terrain néocomien de la Haute-Marne; aussi rend-il 44 p. o/o de fonte par la fusion en grand dans les hauts-fourneaux, où il est traité avec les minerais siliceux de la partie inférieure du terrain néocomien, et avec addition de castine.

9° *Analyse du minerai de fer de Sommevoire* (Haute-Marne).

Ce minerai a la même position géologique que le minerai de Narcy, et provient également du bocardage et du lavage du minerai brut oolitique, accompagné d'argile endurcie. On trouve dans le minerai brut un grand nombre de grandes gryphées (*exogyra aquila* Goldf), dont beaucoup de fragments se trouvent dans le minerai préparé, et doivent contribuer à augmenter sa dose d'acide phosphorique. Néanmoins, on emploie ces coquilles fossiles comme castine dans le haut-fourneau de Sommevoire, où le minerai dont il s'agit est traité seul avec addition d'herbue, et les fontes qui en proviennent ne sont pas réputées inférieures pour la qualité à celles produites par les hauts-fourneaux qui consomment des minerais analogues.

Le minerai de Sommevoire a la composition suivante :

Peroxyde de fer.	0,6300
Oxyde de manganèse. . . .	0,0140
Carbonate de chaux.	0,0200
Acide phosphorique.	0,0034
Alumine soluble.	0,0340
Argile.	0,1280
Eau et oxygène.	0,1640
Perte.	0,0066
	1,0000

D'après sa teneur en peroxyde de fer, ce minerai contient 43,7 o/o de fer métallique. On estime qu'il rend, par le traitement en grand dans le haut-fourneau de Sommevoire, 42 p. o/o de fonte.

10° *Analyse du minerai de fer de Bettancourt* (Haute-Marne).

Le minerai brut, qui donne ce minerai par le bocardage et le lavage, constitue des amas dans le dépôt sableux de la partie inférieure du terrain néocomien, laquelle correspond peut-être au terrain wealdien de l'Angleterre, de sorte que le dépôt sableux avec minerai de fer serait synchronique de l'*iron-sand*, et que les calcaires qui le séparent du terrain jurassique correspondraient au calcaire *purbeckien*. Ce minerai est constitué par des plaquettes géodiques de fer hydroxydé qui se présentent entremêlées de sable et de grès, auquel elles adhèrent parfois très-fort, et accompagnées souvent de fer hydroxydé en oolites miliaires disséminées dans une marne sablonneuse plus ou moins endurcie. Il alimente en partie plusieurs hauts-fourneaux des environs de Saint-Dizier. Sa composition est la suivante :

Peroxyde de fer.	0,6700
Oxyde de manganèse. . . .	0,0200
Carbonate de chaux.	0,0342
Acide phosphorique.	0.0011
Alumine soluble.	0,0180
Argile et sable.	0,0860
Eau et oxygène.	0,1578
Perte.	0,0129
	1,0000

Ce minerai contient 46 p. o/o de fer métallique,

et on estime qu'il rend 44 p. o/o de fonte par la fusion dans les hauts-fourneaux.

11° *Analyse du minerai de fer de Chatonrupt* (Haute-Marne).

Ce minerai a la même position géologique que le minerai de Bettancourt, et provient également du bocardage et du lavage de plaquettes géodiques de fer hydroxydé, renfermant du sable ferrugineux ou de l'argile endurcie pénétrée d'oolites miliaires de fer hydroxydé. On le traite dans une douzaine de hauts-fourneaux des environs de Joinville. Il est composé comme il suit :

Peroxyde de fer.	0,6800
Oxyde de manganèse. . . .	0,0280
Carbonate de chaux.	0,0520
Acide phosphorique.	0,0022
Alumine soluble.	0,0160
Argile et sable.	0,0660
Eau et oxygène.	0,1480
Perte.	0,0078
	1,0000

Ce minerai contient 47 p. o/o de fer métallique, et son rendement en grand est évalué à 45 p. o/o de fonte.

12° *Analyses de pierres à chaux hydraulique de Scey-sur-Saône* (Haute-Saône).

Ces pierres à chaux constituent des bancs subordonnés à la partie supérieure des marnes oxfordiennes du deuxième étage du terrain jurassique. On les a soumises à l'analyse, dans le but de déterminer celles qui pourraient donner de bonne chaux hydraulique pour les constructions destinées à l'amélioration de la navigation de la Saône. Les

échantillons étaient au nombre de quatre, et portaient les numéros 1, 2, 3 et 4. On les a trouvés composés comme il suit :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Carbonate de chaux. . .	0,4900	0,6180	0,2400	0,3700
Carbonate de magnésie. .	0,0042	0,0540	0,0200	0,0320
Argile.	0,3500	0,2400	0,5620	0,4460
Eau.	0,1100	0,0760	0,1740	0,1380
Perte.	0,0080	0,0120	0,0040	0,0140
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Le numéro 2, qui contient 24 p. 0/0 d'argile et 2 1/2 p. 0/0 de magnésie, serait le seul susceptible de donner de bonne chaux hydraulique. Les autres échantillons renferment trop d'argile pour que la cuisson produise des silicates basiques de chaux et d'alumine qui absorbent l'eau et la solidifient.

13° *Analyse des argiles de Faymont* (Vosges).

Ces argiles forment des couches puissantes dans la partie inférieure du grès rouge. Elles sont maigres au toucher, friables et douées de peu de liant; cependant elles font pâte avec l'eau, et sont susceptibles de se mouler. A la température élevée du four à porcelaine, elles sont tout à fait infusibles, deviennent dures et translucides; mais elles prennent une teinte rougeâtre due à la petite portion d'oxyde de fer qu'elles renferment, et dont on pourrait les dépouiller en les délayant dans de l'eau contenant un peu d'acide hydrochlorique. On a essayé récemment, à la faïencerie de Clairefontaine (Haute-Saône) d'en faire de la porcelaine sans aucune addition de terre feldspathique, et les essais ont parfaitement réussi. Deux échantillons provenant de

deux couches différentes, mais contiguës, ont été soumis à l'analyse, et ont présenté la composition suivante :

	N° 1.	N° 2.
Silice.	0,7600	0,6400
Alumine. . . .	0,1840	0,2540
Magnésie. . . .	0,0080	0,0064
Potasse.	0,0080	0,0400
Oxyde de fer. .	0,0020	0,0040
Eau.	0,0340	0,0480
Perte.	0,0040	0,0076
	1,0000	1,0000

Ces argiles sont évidemment des mélanges d'argile proprement dite, ou de silicate d'alumine hydraté, de quartz et de parties feldspathiques, dont la présence n'a rien d'extraordinaire, puisque le terrain de grès rouge est un détritus de diverses roches renfermant du feldspath. Le numéro 2, qui est le plus riche en alumine et en alcali, sera vraisemblablement préféré pour la fabrication de la porcelaine, et sa composition se rapproche de celle du kaolin de Mende S^2A.

EXPÉRIENCES DE M. ÉBELMEN.

1° *Analyses des produits des expériences faites au fourneau de Vellexon, relativement à l'emploi du bois en nature dans les hauts-fourneaux.*

Les résultats de ces analyses, ainsi que les considérations théoriques qu'on en a déduites, ont été consignés dans un mémoire publié dans la quatrième livraison des Annales des Mines, pour 1838. On se contentera de rappeler ici l'objet de ces expériences :

Des minerais et des bois de différentes essences, et dans des états différents de dessiccation, ont été

introduits dans des cloches en tôle qu'on a fait descendre dans le haut-fourneau, et qu'on en a retirées à diverses hauteurs et après des temps différents de séjour. L'analyse des minerais et des combustibles ainsi extraits a conduit à apprécier l'influence de l'emploi du bois sur la température de la cuve du haut-fourneau, et sur la réduction des minerais.

On a essayé également d'utiliser la flamme très-intense qui s'échappe du gueulard, lorsqu'on roule au bois, pour la réduction des minerais. Deux analyses de ces minerais, retirés après demi-heure et deux heures de grillage, ont prouvé que le minerai se réduit facilement en oxyde magnétique, mais qu'il ne dépasse pas ce degré de réduction; d'où il résulte qu'il ne perd ainsi qu'un neuvième de l'oxygène qu'il doit abandonner pour passer à l'état de fer métallique.

D'autres essais, qui ont été également rapportés dans le mémoire cité plus haut, concernent les objets suivants :

1° Influence de la grosseur des morceaux de bois sur le rendement en charbon par carbonisation brusque, opérée dans le creuset de platine.

Ces essais ont prouvé qu'une très-petite différence dans la durée d'une carbonisation rapide suffit pour déterminer des variations considérables dans ses produits. De tous les bois essayés, le chêne est celui qui a présenté les résultats les plus divergents, tandis que pour toutes les autres essences, les variations se sont maintenues à peu près entre les mêmes limites.

2° Distillation du bois de chêne à la température du mercure bouillant (360°).

Plusieurs rondelles de chêne ont été chauffées sur

le mercure bouillant pendant une heure et demie. Elles ont toutes donné entre 31 et 33 p. o/o d'un charbon assez compacte, d'un noir intense, et qui a perdu encore 28 à 30 p. o/o de son poids par calcination au rouge blanc, à l'abri du contact de l'air.

3° Essais sur la réduction de l'oxyde de fer par les produits de la distillation du bois.

On vient de voir que le bois desséché à l'air libre perd 70 p. o/o de son poids par distillation, à la température de 360°; il était intéressant de rechercher si, à cette température, les vapeurs combustibles qui se dégagent pouvaient réduire le minerai de fer. Plusieurs essais consécutifs ont prouvé qu'à la température de 360° l'hydroxyde de fer perd son eau de combinaison, mais qu'il n'est point encore réductible par les produits de la distillation du bois au contact du bois lui-même.

4° Expériences sur la distillation d'un mélange intime de bois et de chaux éteinte.

Lorsqu'on distille sur le mercure bouillant un mélange à poids égaux de sciure de bois et de chaux, il ne se dégage pas de goudron, et tout l'acide acétique provenant de la distillation du bois, reste en combinaison avec la chaux. On peut obtenir ainsi 12 p. o/o du poids du bois d'acétate de chaux anhydre. On pourra peut-être utiliser ces résultats pour la fabrication de l'acide acétique, en chauffant un mélange de chaux éteinte et de débris de matière ligneuse sans valeur; on obtiendrait ainsi beaucoup plus d'acide que par le procédé ordinaire.

2° *Analyse du minerai de fer de Frétigney.*

Ce minerai est en gros grains irréguliers, très friables; sa poussière est brune; il n'est pas atti-

rable au barreau aimanté. L'acide nitrique étendu ne produit pas d'effervescence avec lui; l'acide muriatique l'attaque facilement avec dégagement de chlore; lorsqu'on le chauffe avec du nitre et qu'on reprend par l'eau, on obtient une liqueur colorée en jaune, ce qui annonce la présence de l'oxyde de chrôme.

L'analyse a donné :

Perte au feu.	Eau. . .	0,1227	0,128
	Oxygène.	0,0053	
Argile.		0,494	
Péroxyde de fer.		0,320	
Alumine soluble.		0,010	
Oxyde rouge de manganèse.		0,052	
Oxyde de chrôme.		trace.	
		1,0040	

Pour savoir à quel état se trouve l'oxyde de manganèse dans le minerai, on en a traité 5 grammes mêlés avec 5 grammes de fleur de soufre par l'acide muriatique étendu et bouillant, on a obtenu :

Sulfate de baryte, 0,13, ou sur 1 gram., 0,026, c'est-à-dire oxygène excédant le protoxyde de manganèse. . . . . 0,0053; or, 0,0053 d'oxygène correspondent à environ. . . . . 0,0535 de deutoxyde, lesquels donneraient par calcination. . . . . 0,0518 d'oxyde rouge. Le manganèse se trouve donc dans le minerai à l'état de deutoxyde hydraté.

D'après sa composition, le minerai de Frétigney renferme 22 p. 0/0 de fer métallique. Il ne serait possible de le fondre avec avantage dans un haut-fourneau, qu'autant qu'il serait mélangé avec

des mines riches à gangue calcaire. Or, comme les mines calcaires de la Haute-Saône sont généralement assez pauvres en métal, on voit que l'on doit abandonner l'exploitation du minerai de Frétigney.

3° *Analyse du minerai de Chemilly.*

Ce minerai, dont le gisement paraît être le même que celui des minerais en grains, se présente sous forme de plaquettes irrégulières, ou de rognons composés de matières ferrugineuses rassemblées autour d'un noyau argilo-sableux. Sa poussière est d'un jaune-brun; il n'est pas magnétique; l'acide muriatique l'attaque facilement avec dégagement de chlore; l'acide nitrique faible ne l'attaque pas sensiblement à froid. On s'est assuré qu'il ne renfermait pas de trace de soufre, d'arsenic et d'oxyde de chrôme. On a trouvé la composition suivante au minerai en plaquettes :

Perte au feu.		0,152	
Argile.	Silice.	0,052	0,064
	Alumine.	0,012	
Alumine soluble.		0,016	
Oxyde rouge de manganèse.		0,028	
Peroxyde de fer		0,720	
Acide phosphorique.		0,002	
		0,982	

D'après sa teneur en oxyde de fer, ce minerai doit renfermer 50 p. o/o de fer métallique. On l'emploie maintenant dans le haut-fourneau de Conflandey. On trouvera sans doute beaucoup d'avantage à le fondre, quand on voudra fabriquer des fontes de moulage, ou de deuxième qualité pour la forge.

4° Analyse du minerai de fer de Velesmes.

Ce minerai est en grains irréguliers, de grosseur variable; les grains d'une certaine grosseur sont généralement très-friables et paraissent renfermer beaucoup plus d'oxyde de manganèse que les autres. Le minerai n'est pas magnétique; sa poussière est d'un jaune-brun; il dégage du chlore avec l'acide muriatique, et donne avec le nitre la réaction de l'oxyde de chrôme; il renferme une quantité assez notable de petits cailloux arrondis, quartzeux, qu'on retrouve en partie disséminés dans les laitiers du haut-fourneau où il est traité. On a séparé les oxydes de fer et de manganèse au moyen du carbonate de baryte. L'analyse a donné :

Perte au feu.	0,142
Argile et sable.	0,354
Peroxyde de fer.	0,424
Oxyde rouge de manganèse.	0,048
Alumine soluble.	0,020
Oxyde de chrôme.	trace.
Baryte.	trace.
	0,988

L'analyse de ce minerai, avec celui de Frétigney (n° 2), doit faire considérer l'oxyde de manganèse comme s'y trouvant à l'état d'hydrate de deutoxyde.

D'après sa teneur en oxyde de fer, ce minerai renferme 29,6 p. o/o de fer métallique.

5° Recherches sur la présence du chrôme dans les minerais de fer de la Haute-Saône.

On a recherché la présence de l'oxyde de chrôme dans plusieurs minerais de fer en grains du dépar-

tement de la Haute-Saône, et on en a trouvé des traces plus ou moins notables dans tous. Le minerai de Choye est celui dans lequel on en a rencontré davantage; il renferme 0,0022 d'oxyde vert de chrôme, et une trace d'oxyde de titane.

Un minerai oolitique du terrain néocomien provenant de Boucherans (Jura), essayé par le nitre, a donné la réaction du chrôme.

On n'en a pas rencontré dans les minerais oolitiques qui se trouvent à la base du terrain jurassique dans le département de la Haute-Saône.

6° *Recherches sur un nouveau procédé d'analyse chimique.*

Ce procédé a pour objet de déterminer la quantité d'oxygène ou de chlore qu'absorbent les composés métalliques, en se dissolvant dans un acide oxydant ou chlorurant. Il consiste à mêler la substance à essayer avec une quantité suffisante de peroxyde de manganèse, et à traiter le mélange par l'acide muriatique pur, en recevant le chlore en excès dans une solution bien pure d'acide sulfureux; la proportion du chlore en excès se trouve donnée par la quantité de sulfate de baryte obtenu. Comme on sait d'avance la quantité totale de chlore qu'aurait donnée le manganèse traité seul par l'acide muriatique, on aura par différence celle qui est restée combinée aux différents éléments du corps essayé, ou son équivalent en oxygène.

Ce procédé peut recevoir des applications assez nombreuses, dont les principales ont été exposées dans une notice qui a été insérée au compte rendu des séances de l'Académie des sciences (séance du 3 septembre 1838).

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Carcassonne, pendant l'année 1838 ;

Par M. VÈNE, Ingénieur des mines.

Conformément à l'espèce de programme dont il a été question au commencement et à la fin du rapport rédigé le 14 janvier 1838, les expériences du laboratoire de chimie de Carcassonne sont exécutées en vue de trois résultats distincts, savoir : 1° pour éclairer la marche et perfectionner les produits des industries minérales en activité; 2° pour faire connaître les substances qui peuvent donner lieu à la formation de nouveaux établissements; 3° pour étudier la composition des roches et des minerais sous le rapport géologique.

Mais on doit déclarer de suite que, dans le courant de 1838, on n'a pu ajouter qu'un petit nombre d'expériences à celles qui avaient été faites précédemment.

1° *Antimoine métallique.*

Il provient de la fabrique de Carcassonne. Il avait été soumis à l'opération du raffinage, et pourtant il ne présentait pas cette belle couleur blanche et cette cristallisation en feuilles de fougère que l'on remarque à la surface des pains de métal bien purifié. La couleur était un peu cendrée, et la cristallisation confuse. On a pensé que cela pouvait provenir d'un peu de sulfure qui avait échappé à la décomposition, et peut-être aussi à un peu de plomb métallique. L'essai suivant a eu seulement pour objet de reconnaître la présence du sulfure.

On a traité 5 grammes de matière par l'acide muriatique ; il y a eu dégagement d'hydrogène sulfuré ; la liqueur décantée et étendue d'eau a donné un précipité d'antimoine oxydé blanc ; l'ammoniaque a séparé la partie qui restait en dissolution, et on a obtenu : acide antimonieux, $0^{gr.},13$, ce qui représente environ $0^{gr.},15$ de sulfure d'antimoine, en sorte que la matière était composée de :

Antimoine métallique (peut-être allié avec un peu de plomb)	0,97
Sulfure d'antimoine	0,03
	1,00

2° *Houille sèche de Bésis* (Aude).

Cette matière se trouve en veinules et en petits dépôts noduleux dans un terrain de schiste bleu, de grauwacke à grains fins et de calcaire siliceux, en couches minces, appartenant au terrain de transition. Elle est de couleur noire, friable, en partie lamelleuse et brillante, en partie mate et pulvérulente ; elle brûle sans aucune flamme et sans odeur de soufre.

10 grammes grillés ont laissé des cendres grises pesant $1^{gr.},25$, soit 12,50 p. 0/0.

Il a été fait, dans le courant de 1838, quelques travaux de recherche sur ce gîte ; mais on n'a trouvé que de petits nids de charbon sans aucune suite. Les travaux ont été abandonnés.

3° *Calcaire de Salsigne* (Aude).

Ce calcaire accompagne des dépôts de minerai de fer spathique et hydroxydé qui existent auprès du village de Salsigne, et dont quelques-uns ont été exploités autrefois ; il est gris, saccharoïde, à petits grains un peu nacrés, très-dur, se brisant dans tous les sens.

L'analyse a donné :

Carbonate de chaux.	0,910
Carbonate de magnésie.	0,040
Résidu argileux et ferrugineux.	0,046
Eau et perte.	0,004
	1,000

4° *Calcaire de Villaremberg* (Aude).

Ce calcaire est associé au peroxyde de manganèse, qui est exploité depuis peu auprès du château de Villaremberg, commune de Caunes. Ce minerai est déposé entre les strates du calcaire de transition à pâte fine et compacte ; mais le calcaire dont il est question, bien que sur quelques points il ait la texture aussi serrée, et qu'il paraisse même se lier intimement avec le calcaire de transition, est ordinairement décoloré et souvent altéré ; l'altération le rend pulvérulent, et se propage de l'extérieur à l'intérieur ; il est quelquefois mélangé de grains quartzeux ; en un mot, par ses caractères et par son contraste ordinaire avec le terrain environnant, il paraît avoir été déposé, aussi bien que le manganèse, auquel il est associé, à une époque postérieure à la formation de la montagne calcaire.

On en a analysé deux variétés présentant des degrés différents d'altération ; la première altérée à la surface, mais encore dure et compacte ; la seconde fragile, grenue, et se réduisant facilement en poudre.

Voici le résultat de ces analyses :

	1re variété.	2e variété.
Carbonate de chaux. . . .	0,894	0,912
Carbonate de magnésie. .	0,066	0,040
Résidu pulvérulent blanc.	0,036	0,044
Eau et perte.	0,004	0,004
	1,000	1,000

5° *Minerai de fer siliceux de Salsigne* (Aude).

Dans les anciennes mines de fer de La Caunette et de Salsigne, et dans celles qui sont en exploitation sur d'autres points du département de l'Aude, on trouve associé avec le fer spathique et le fer hydroxydé un minerai rouge à pâte fine, très-dur, qui est rejeté par les maîtres de forges, quoiqu'il soit lourd et en apparence très-riche en fer. Sa densité est de 3,23.

On a analysé un échantillon provenant des mines de Salsigne, actuellement en recherches. Il a donné :

Peroxyde de fer.	0,592
Quartz.	0,364
Eau.	0,040
Perte, traces de chaux et de cuivre	0,004
	1,000

Le traitement par l'acide muriatique a laissé un résidu blanc pulvérulent, ce qui montre que la silice était à l'état de mélange. En précipitant le fer par l'ammoniaque, la liqueur a pris une légère teinte bleue; enfin l'oxalate d'ammoniaque a produit un nuage d'oxalate de chaux. Les 0,592 de peroxyde de fer représentent 0,41 de fer métallique, et cette richesse n'est pas en effet suffisante dans le traitement du minerai à la catalane.

6° *Minerai de cuivre de La Caunette* (commune de Lastour).

Ce minerai se trouve au fond d'une ancienne mine de fer dont les travaux ont été très-developpés. Au dire de M. de Gensanne, il existerait à la partie inférieure un système de galeries très-étendues, dont l'exécution contraste avec les excava-

tions supérieures qui avaient pour objet l'exploitation du minerai de fer. Il a pu lui-même visiter une partie de ces galeries. Aujourd'hui et depuis longtemps elles sont cachées sous les eaux.

L'échantillon essayé a été recueilli à la partie inférieure des excavations, où il forme des veinules au milieu du schiste altéré et du calcaire ferrugineux et ocreux. Il est gris-noir, plus foncé que la galène ; il contient des parties mates et compactes, et des parties brillantes et cristallines ; la poussière est noire.

L'échantillon essayé a été préalablement lavé à l'augette. On y a reconnu la présence du cuivre et du plomb ; mais on n'a pas dosé ces substances par voie humide (voir plus loin l'essai pour argent).

7° *Chaux carbonatée de Bouilli* (Aude).

Elle forme de petites veinules entourées de manganèse oxydé aciculaire au milieu des dépôts de cette substance, qui se trouvent dans la commune de Bouilli (Aude). Elle est lamelleuse ; sa poussière est blanc-jaunâtre. On a pensé que cette substance contenait du manganèse en combinaison. Cependant l'analyse faite sur 5 grammes n'a donné que 0gr.,155 d'oxyde rouge; cette petite portion peut être attribuée à un mélange de peroxyde, qui avait échappé au triage ; alors cette substance serait composée approximativement de :

	gr.
Acide carbonique.	0,372
Chaux.	0,470
Protoxyde de fer.	0,024
Peroxyde de manganèse. .	0,112
Perte et eau.	0,022
	1,000

8° *Calcaire argileux de Villegaillène* (Aude).

Ce calcaire fait partie du terrain d'eau douce tertiaire, dont il occupe la partie inférieure, étant presque immédiatement superposé au grès et au calcaire marin crétacé; il a une couleur grise à l'intérieur, jaunâtre à l'extérieur, par suite de l'altération. Il happe à la langue, et dégage par l'insufflation une forte odeur d'argile; il a une texture serrée, et il est assez résistant.

L'analyse a donné :

Carbonate de chaux. .	0,812
Résidu gris.	0,184
Eau et perte.	0,004
	1,000

9° *Calcaires argileux de Saint-Fériol.*

Ces calcaires font partie d'une formation d'eau douce assez développée enclavée dans le terrain tertiaire moyen; ils sont généralement de couleur jaunâtre maculée de rouge et de blanc; leur texture n'est pas homogène; la pâte est tantôt fine et dure, tantôt grossière et désagrégée; leur composition aussi est variable; ils dégagent par l'insufflation une forte odeur d'argile; ils sont exploités depuis deux ans, et fournissent de la chaux hydraulique, que l'on emploie sur plusieurs points du département.

On a essayé quatre variétés. On a eu pour objet seulement la recherche de la proportion d'argile.

1° — La première variété a donné, pour 5 grammes, un résidu argileux jaunâtre pesant 1gr.,30, ce qui fait 26 p. o/o. Ce résidu était un mélange intime d'argile, de sable et d'oxyde de fer.

2° — La seconde variété a donné, pour 5 grammes, un résidu jaunâtre pesant 0gr.,55 ou 11 p. o/o.

3° — La troisième variété a donné, pour 5 grammes, un résidu jaune pâle pesant 1gr.,14 ou 22,8 p. o/o. Il était également mélangé de sable et d'oxyde de fer.

4° — La quatrième variété a donné, pour 5 grammes, un résidu jaune pâle argileux, pesant 0gr.,80 ou 16 p. o/o.

Ces calcaires calcinés ont donné des chaux qui ont fait prise d'une manière très-inégale. Mais ces essais ayant été faits sur de trop petites quantités de matière, et la calcination n'ayant pu être réglée d'une manière uniforme pour tous, on ne peut avoir confiance dans cette partie des résultats.

10° *Calcaires argileux de Clermont* (Aude).

Ces calcaires sont en couches et en amas dans une formation de grès et de poudingues rapportée au terrain crétacé. Ils sont gris, à cassure unie, à pâte fine, souvent altérés et changés en une espèce de craie dure.

On en a essayé deux variétés. Voici les résultats :

	1re variété.	2e variété.
Carbonate de chaux. . .	0,778	0,884
Résidu argileux rosé. . .	0,218	0,116
Eau et perte.	0,004	1,000
	1,000	

La chaux qu'ils produisent fait prise sous l'eau et donne une masse blanche homogène.

11° *Calcaire argileux de Laderne* (Aude).

Ce calcaire ressemble à ceux de Clermont ; il fait partie du terrain de molasse tertiaire qui recouvre une grande partie du département de l'Aude ; il est jaune-brun clair, à pâte fine et compacte, dur, à cassure unie. Sa densité est de 2,60.

L'analyse a donné :

Carbonate de chaux. .	0,892
Carbonate de magnésie.	0,024
Résidu argileux rosé. .	0,080
Eau et perte.	0,004
	1,000

Ce calcaire est exploité faiblement ; la chaux, moyennement hydraulique est employée sur les lieux et en partie à Carcassonne.

12° *Calcaire argileux de Bélesta* (Ariége).

Ce calcaire est en couches minces, de couleur grise, altéré à la surface et divisé sur quelques points en blocs arrondis ; il est associé à des marnes et à des argiles diversement colorées, et fait partie du terrain crétacé. Sa densité est de 2,50.

L'analyse a donné :

Carbonate de chaux. .	0,952
Résidu argileux rosé. .	0,048
	1,000

13° *Argile marneuse de Sigean* (Aude).

Cette argile est grise, fine, se lie avec l'eau, et fait partie du terrain tertiaire.

L'analyse a donné :

Argile.	0,464
Carbonate de chaux. .	0,430
Eau et perte.	0,106
	1,000

14° *Calcaire argileux de Pouy* (Hautes-Pyrénées).

Ce calcaire est situé à côté de Mauléon, et fait partie d'une formation peu développée recouverte par des sables et des argiles tertiaires, et que l'on

rapporte au terrain crétacé. Il est jaune, dur, à cassure demi-terreuse, dégageant par l'insufflation une odeur d'argile. Sa densité est de 2,50.

L'analyse a donné :

Carbonate de chaux. . .	0,712
Carbonate de magnésie...	0,060
Résidu argileux rouge. .	0,228
	1,000

15° *Calcaire argileux de Blanjan et Gensac* (Hautes-Pyrénées).

Ce calcaire fait partie de la même formation que celui de Pouy. Il est de couleur grise et moins dur que le précédent. Sa densité est de 2,46.

L'analyse a donné :

Carbonate de chaux. .	0,747
Carbonate de magnésie.	0,020
Résidu rougeâtre. . . .	0,233
	1,000

16° *Calcaire de Mauléon* (Hautes-Pyrénées).

Ce calcaire est exploité à l'est de la petite ville de Mauléon; il a les mêmes apparences que celui de Pouy, et fait partie de la même formation. Sa densité est de 2,51.

L'analyse a donné :

Carbonate de chaux. .	0,776
Carbonate de magnésie.	0,052
Résidu rouge.	0,172
	1,000

17° *Argile marneuse de Mauléon* (Hautes-Pyrénées).

Le calcaire précédent est associé avec des couches dans lesquelles la proportion d'argile est tellement grande, que ce sont plutôt des argiles mar-

neuses que des calcaires argileux. Elles présentent d'ailleurs à peu près le même aspect que les calcaires, mais elles ont moins de dureté, et font pâte avec l'eau. Leur densité est de 2,34.

L'analyse a donné :

Carbonate de chaux. . .	0,466
Carbonate de magnésie. .	0,028
Argile.	0,506
	1,000

Les trois calcaires précédents donnent une chaux qui ne fait pas prise aussi aisément que leur composition semblerait l'indiquer. Cela tient peut-être à un sable très-fin qui est mélangé intimement et de manière à être indiscernable à l'œil. Ils sont exploités pour les constructions.

18° *Minerai de cuivre de Coste-Bonne* (Pyrénées-Orientales).

Ce minerai est en ce moment l'objet de quelques travaux de recherche; il est composé de fer hydroxydé mélangé de pyrites ferrugineuses et cuivreuses, de cuivre oxydulé disséminé et de malachite. Sa couleur est brun chocolat avec des tâches vertes.

10 grammes essayés avec le flux noir ont donné une scorie brune et un culot de cuivre pesant 1gr.,22, soit 12,2 p. 0/0.

19° *Minerai de plomb de Couret* (Hautes-Pyrénées).

Il est disséminé dans un très-large filon de baryte sulfatée et de porphyre vert. Au milieu de la masse, il se trouve quelques plaques de galène pure de 0m,01 au plus d'épaisseur; c'est le minerai qui a été essayé. Il est grenu, à très-petites facettes.

Cet essai, ainsi que les suivants, ont eu seulement pour objet de constater la proportion d'argent contenu dans ces minerais.

10 grammes avec 20 grammes de carbonate de soude, et $3^{gr.}$,50 de nitre ont donné un culot du poids de $4^{gr.}$,45, et une scorie blanche cristalline. Après la coupellation, il est resté un bouton d'argent pesant 2 milligrammes, soit 20 grammes pour 100 kilogrammes.

20° *Minerai de plomb d'Andorre.*

Il était massif, à petites facettes très-brillantes.

10 grammes essayés avec les mêmes proportions de carbonate de soude et de nitre ont donné un culot pesant $6^{gr.}$,56 et une scorie brune. Après la coupellation, il est resté un bouton d'argent pesant 18 milligrammes, soit 180 grammes par 100 kilogrammes.

21° *Minerai de plomb de Villeneuve-les-Chanoines* (Aude).

Ce minerai, nouvellement découvert, est l'objet de recherches actives. Il fait partie de la formation de calcaire de transition associé au schiste satiné; le minerai est disséminé dans le calcaire et dans le schiste, ou disposé en rognons entre les strates de ces roches. Il est de couleur gris-bleu cendré, ordinairement grenu ou à très-petites facettes, mélangé de quartz et de schiste vert.

10 grammes avec les mêmes proportions de carbonate de soude et de nitre ont donné un culot de plomb pesant $5^{gr.}$,88, et une scorie brune. Après la coupellation, il est resté un bouton d'argent pesant 3 milligrammes, soit 30 grammes par 100 kilogrammes.

22° *Minerai d'antimoine, plomb et cuivre de Palaisac* (Aude).

Ce minerai est en ce moment l'objet de travaux de recherche. Il forme des amas discontinus dans un terrain de schiste de transition ; il est ordinairement compris dans des filons de quartz, lesquels ne coupent pas la stratification du terrain, mais paraissent en être des parties constituantes. Il est gris métallique, brillant, à texture fine et compacte.

5 grammes mélangés avec 100 grammes de litharge et 3 grammes de nitre ont donné un culot de plomb pesant 16gr.,16 et une scorie brune. Après la coupellation, il est resté un bouton d'argent pesant 5 milligrammes, soit 100 grammes par 100 kilogrammes.

23° *Minerai de plomb de Duilhac* (Aude).

Ce minerai est l'objet de travaux de recherche. Il fait partie d'une formation de schistes et de calcaire de transition. Il est gris bleu, à petites facettes.

10 grammes avec 20 grammes de carbonate de soude et 3gr.,50 de nitre ont donné un culot de plomb pesant 7gr.,193, et une scorie brune. Après la coupellation, il est resté un bouton d'argent pesant 5 milligrammes, soit 50 grammes pour 100 kilogrammes.

24° *Minerai de La Caunette* (Aude).

Ce minerai a été décrit ci-dessus. (*Voir le* n° 6.)

10 grammes avec 20 grammes de carbonate de soude, et 3gr.,50 de nitre ont donné un culot de 5gr.,24, et une scorie cristalline de couleur jaune-serin. Après la coupellation, il est resté un bouton d'argent du poids de 23 milligrammes, soit 230 grammes par 100 kilogrammes.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Clermont, pendant l'année 1838;

Par M. BAUDIN, Ingénieur des mines.

1° *Houille de la Mothe, près Brioude* (Haute-Loire).

Elle contient :

Charbon.	0,48	Coke. .	0,74
Cendres.	0,26		
Matières volatiles.	0,26		
	1,00		

C'est une houille, mais très-mélangée de matières terreuses.

2° *Houille de Menat, bassin de Commentry* (département de l'Allier).

Elle contient :

Charbon.	0,50	Coke. .	0,65
Cendres.	0,15		
Matières volatiles.	0,35		
	1,00		

C'est une houille à longue flamme donnant, comme celle de Commentry, une forte proportion de produits volatils; mais elle est très-impure.

3° *Houille de Seignes, terrain houiller de Maulne* (département de l'Allier).

Elle contient :

Charbon.	0,18	Coke. .	0,69
Cendres.	0,51		
Matières volatiles.	0,31		
	1,00		

C'est plutôt un schiste mêlé de houille qu'une véritable houille.

4° *Lignite de l'Aubepin* (Haute-Loire).

Il laisse par sa combustion de 0,09 à 0,29 de cendres.

5° *Argile carbonifère de Boutaresse* (Puy de-Dôme).

L'argile de Boutaresse contient environ 0,30 d'une matière combustible analogue au lignite. Elle ne donne que 80 litres de gaz par kilogramme, et ce gaz ne répand en brûlant qu'une flamme très-peu lumineuse.

6° *Grès bitumineux de Gandalhat* (Puy-de-Dôme).

Il contient de 0,14 à 0,20 de bitume.

7° *Grès bitumineux du Puy-de-l'Eure* (Puy-de-Dôme).

Il contient de 0,13 à 0,16 de bitume.

8° *Matière bitumineuse de Malhac, lès-Engouyaux et lès-Avitz* (Haute-Loire).

Ces matières sont peu homogènes et semblent dues à l'empâtement de sables superficiels par du bitume provenant d'une source. Il n'est pas probable qu'elles constituent un gîte réglé. Elles perdent de 0,24 à 0,30 de leur poids par la combustion.

9° *Eau minérale de la Grande-Ris, près Ambert* (Puy-de-Dôme).

Cette eau, très-chargée d'acide carbonique, a une saveur saline très-sensible. Sa densité est de 1,00066. L'ébullition en dégage les 0,98 de son volume de gaz acide carbonique. Elle contient par litre :

	gr.
Carbonate de chaux.	0,3808
Carbonate de magnésie. . . .	0,0662
Sulfate de soude.	0,0051
Carbonate de soude.	0,0702
Chlorure de sodium.	0,0038
Silice.	0,0455
	0,4216

Elle laisse déposer quelques flocons d'oxyde de fer dans les bouteilles.

10° *Arkose décomposé alunifère de Royat* (Puy-de-Dôme).

Il est déjà fait mention du sable alunifère de Royat, dans le n° 12 du Journal des mines.

La croûte superficielle des escarpements renferme 0,147 de sulfate, mais la partie de la roche immédiatement contiguë n'en contient plus que 0,0075. On voit d'après cela qu'il est bien peu probable que cette matière puisse donner lieu à une exploitation utile.

11° *Antimoine sulfuré fondu d'Anglebas* (Puy-de-Dôme).

Un échantillon de ce sulfure ayant été refusé par un fabricant, comme rendant moins que le sulfure ordinaire, on l'a analysé et on a trouvé qu'il renfermait 0,10 de quartz et 0,03 de protosulfure de fer.

La forte proportion de quartz entraîné dans la liquation tient à ce que le sulfure provenait de la fusion d'un schlich pauvre et fin et non d'un minerai en masse.

12° *Galènes de Glux-la-Ville et de Saulys* (Morvand).

Ces galènes ne contiennent que 0,0001 d'argent tout au plus.

13° *Galène de Chitry-les-Mines* (département de la Nièvre).

Cette galène renferme 0,00117 d'argent.

14° *Mispickel de Taillefer* (Puy-de-Dôme).

Ce minerai contient 0,0005 d'argent.

15° *Minerai d'antimoine, plomb et argent de Pont-Vieux, commune de Bagnols* (Puy-de-Dôme).

L'échantillon sur lequel on a opéré était composé de :

Sulfure d'antimoine.	0,212
Sulfure de plomb.	0,055
Blende très-ferreuse.	0,315
Pyrite de fer.	0,176
Quartz.	0,242
	1,000

Un essai fait sur 175 grammes a donné $0^{gr.},013$ d'or, et $0^{gr.},196$ d'argent, = 0,000074 d'or et 0,001096 d'argent. L'alliage de fin que l'on pourrait en extraire contiendrait par conséquent plus de 6 pour cent d'or.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Mézières pendant l'année 1838 ;

Par M. SAUVAGE, Ingénieur des mines.

1° *Deux marnes des environs de Buzancy* (départ. des Ardennes).

Ces marnes appartiennent à la partie supérieure du Coral-rag.

L'une est une argile noire, très-peu pyriteuse

et un peu sableuse, qui ne renferme guère que 0,08 de carbonate de chaux.

L'autre est blanche, onctueuse au toucher, un peu sableuse, et elle contient au moins 0,50 de carbonate de chaux.

2° *Minerai de fer de Saint-Monges* (Ardennes).

Ce minerai est d'un brun foncé, le plus souvent compacte, mais quelquefois schisteux. Il paraît former une couche intercalée entre les couches quartzeuses et schisteuses du terrain ardoisier. Il pourrait être très-utile à l'usine de Givonne, qui est obligée d'aller s'approvisionner à une grande distance. Il contient:

Peroxyde de fer. . . .	0,761	
Silice.	0,167	Argile.
Alumine	0,020	
Eau.	0,052	
	1,000	

Il produit 0,53 de fer à l'essai.

3° *Minerai de fer de Verzy, près Reims.*

Ce minerai se trouve en amas irréguliers au sommet d'une montagne tertiaire : il est tantôt en roche, tantôt en grains qui ont l'apparence d'une matière à demi-fondue et qui sont agglutinés les uns avec les autres. Il contient :

Peroxyde de fer. . . .	0,536
Argile.	0,348
Eau.	0,104
Pyrite de fer.	0,012
	1,000

Il donnerait 0,38 de fer à l'essai.

4° *Analyse de deux laitiers de Montblainville.*

Le fourneau de Montblainville marche à l'air

chaud, et il est alimenté par le minerai de Grand-pré. Le laitier qu'il produit quand il est en bonne allure et que l'on obtient de la fonte grise, est compacte, légèrement verdâtre et opaque. L'acide muriatique l'attaque, même à froid. Il est composé de :

Silice.	0,477
Chaux.	0,217
Alumine et un peu de fer.	0,246
	1,900

Quand le fourneau a ce que les ouvriers appellent la *chite*, c'est-à-dire quand il se produit des chutes de minerai, le laitier devient bulleux comme une éponge ; j'y ai trouvé :

Silice.	0,357
Protoxyde de fer. . . .	0,371
Alumine.	0,113
Chaux.	0,107
	0,948

et en outre un peu de manganèse et de magnésie que je n'ai pas dosés.

Comme le dosage des charges n'avait pas changé, il est évident qu'il y a eu répartition inégale des matières dans le fourneau, et que la castine s'est accumulée d'un côté et le minerai de l'autre : cela tient probablement à ce que le minerai est en très-petits grains et tamise aisément à travers le charbon et la castine. Pour éviter cet inconvénient, il paraîtrait convenable de calciner d'abord la castine, et de se servir ensuite de la chaux pour empâter le minerai.

5° *Galène des environs de Givet* (Ardennes).

Cette galène ne renferme qu'une trace d'argent.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites pendant l'année 1838, *dans les laboratoires de chimie de Dijon, par M.* Payen; *de Villefranche, par M.* Senez; *d'Alais, par M.* Thibaut; *et d'Angers, par M.* de Montmarin.

Laboratoire de Dijon.

On a recherché la proportion d'étain contenu dans les cloches de douze communes, et on a eu les résultats suivants :

Brazey (commune de).	Etain	0,195
Curgy-la-Ville.		0,197
Bulot.		0,224
Champignoles		0,190
Pregny.		0,220
Echigey.		0,228
Chevigny-Saint-Sauveur.		0,204
Hauteville.		0,204
Corgengoux.		0,208
Gommeville.		0,216
Magny-les-Aubigny.		0,219
Dijon (timbre d'horloge). . . .		0,251

Quand on a coulé une cloche, on trouve que l'alliage a exactement la même composition dans toutes ses parties.

Laboratoire de Villefranche.

Dix galènes du département de l'Aveyron, essayées pour argent, ont donné les résultats suivants :

Pichiguet.	0,00090
Les Pesquus.	0,00380
Magnols.	0,00390
Pèneveyre.	0,00445
Le Minier.	0,00210
Bernat.	0,00120
Pradines.	0,00115
Galie.	0,00080
La Bossière.	0,00035
Les Ponds.	0,00045

Laboratoire d'Alais.

Le calcaire asphaltique de Servas et Saint-Jean-de-Marvejols contient depuis 0,07 jusqu'à 0,20 d'asphalte soluble dans l'essence de térébenthine.

Laboratoire d'Angers.

Deux minerais de fer de la commune de l'Audevenne, arrondissement de Châteaulin, département du Finistère, ont donné à l'analyse :

Peroxyde de fer. . . .	0,875	0,460
Argile.	0,010	0,390
Carbonate de chaux. .	0,020	0,020
Eau.	0,091	0,125
	0,996	0,995

Ces minerais se trouvent en grande abondance, et leur exploitation sera peu dispendieuse. On se propose de les traiter dans un haut-fourneau que l'on construit auprès de Tregarrau.

SUR LE JURA D'ALLEMAGNE;

Par M. DE BUCH.

(Extrait et traduit de l'allemand par M. H. Le Cocq, Ingénieur des mines.)

La formation jurassique, dans l'acception la plus étendue du mot, embrasse de trois côtés un vaste bassin. De Cobourg, elle s'étend vers le sud-est jusqu'à Ratisbonne, puis vers le sud-ouest jusqu'à Schaffhouse. Elle se dirige ensuite à l'ouest vers Bâle et Vesoul, pénètre dans l'intérieur de la France, et se prolonge au nord le long de l'ancienne frontière française jusqu'à Luxembourg. De Bâle, le Jura de Suisse pousse un rameau vers le sud-ouest jusqu'au delà de Genève; un second rameau à deux branches pénètre profondément en France vers le sud et le sud-ouest; de Luxembourg, un troisième rameau se dirige vers le nord-ouest. Le terrain de schiste argileux du Hunsdrück, du Taunus et du Westerwald et plus loin celui du Thüringerwald forme la paroi nord du bassin.

La pente intérieure des bords de ce bassin est rapide et présente les couches du Jura superposées les unes aux autres; la pente extérieure, au contraire, n'offre qu'une faible inclinaison. Excepté vers l'extrémité nord-est dans les environs de Cobourg, les assises les plus récentes du Jura recouvrent les plus anciennes et disparaissent elles-mêmes sous les formations plus modernes. Auprès de Ratisbonne, la craie forme à la partie supérieure une ligne de niveau; dans l'intérieur

de la France, au contraire, elle présente un bassin presque fermé, où la formation tertiaire offre la série de ses assises. Des dérangements postérieurs ont troublé cet ordre de choses dans le Jura de Suisse. La formation jurassique ne pénètre guère dans l'intérieur du vaste bassin que nous venons de signaler, on n'en voit que de petits lambeaux séparés; les plus importants sont ceux qui se trouvent dans la vallée actuelle du Rhin, près de Langenbruck, dans les environs et au-dessus de Strasbourg. Ces lambeaux isolés du Jura ne sont souvent composés que de l'assise inférieure, de l'assise du lias; du moins cette dernière assise s'y voit presque toujours. Un fait à remarquer, c'est qu'à partir des pentes rapides du bassin, le lias s'étend dans l'intérieur à une lieue plus loin que les assises plus récentes qui le recouvrent. On concevrait difficilement que des révolutions postérieures eussent détruit la partie du Jura qui se serait avancée jadis dans l'intérieur du bassin. Un autre fait remarquable c'est que la croupe la plus élevée des montagnes du Jura d'Allemagne n'est nullement la ligne de partage des eaux; elle s'ouvre quatre ou cinq fois, en présentant des fentes profondes à parois verticales et à fond plat, pour donner passage aux fleuves qui prennent leurs sources dans les collines peu élevées, situées à l'extérieur ou à l'intérieur de la chaîne. C'est ce qui a lieu pour la Wernitz près de Nördlingen et pour l'Altmühl près de Pappenheim, qui se jettent dans le Danube près de Donauwerth et de Kellheim, tandis que la Pegnitz traverse la paroi du bassin de Baireuth à Nuremberg, dans une direction opposée. Beaucoup d'autres fentes semblables ne traversent pas la paroi dans toute

sa largeur, de sorte que ces canaux ne divisent point la chaîne en véritables montagnes. Si l'on récapitule les caractères suivants : — Un bassin formé par l'ancien continent, ne laissant aucun passage à la mer qui déposait le Jura ; — des fentes transversales profondes et étroites dans ses parois ; — l'absence presque complète de ce terrain dans l'intérieur ; — une formation uniforme aussitôt qu'on arrive au lias ; — enfin des masses de coraux considérables dans la partie supérieure des bords du bassin et répandues sur sa pente extérieure, on voit là clairement la confirmation de cette opinion émise depuis trente ans : que le Jura n'est qu'un rescif de coraux presque circulaire semblable à celui qui entoure la Nouvelle-Hollande dans toute son étendue. Le terrain jurassique serait alors dans son état originaire, et sa masse principale ne serait pas le résultat d'un soulèvement postérieur ; ce qui expliquerait le manque total de cette formation sur des zones très-étendues, en Scandinavie, en Sibérie, dans le nord de l'Amérique.

Le Jura d'Allemagne et le Jura de Suisse forment une chaîne qui se prolonge dans la même direction et présente des caractères constants quant à sa forme, à sa composition et à ses fossiles ; on peut cependant diviser cette chaîne en trois parties, et distinguer ces trois parties par les noms de Jura de Suisse, Jura de Franconie et Jura de Souabe.

Le Jura de Suisse se compose de chaînes de montagnes parallèles, allongées, à crêtes tranchantes ; il présente des couches inclinées de 30 à 40° et même davantage, courbées, tourmentées jamais horizontales, et dont il est plus facile

d'étudier la succession le long des vallées que sur les pentes des montagnes au-dessus desquelles s'élève souvent le muschelkalk, soulevé violemment pendant l'époque tertiaire. La crête du Jura de Suisse présente aussi sur ses flancs des parties de la formation crétacée qui plus loin ne s'élève pas au-dessus de son niveau primitif.

Le Jura de Souabe montre, à partir de Schaffhouse, la série des couches de la période jurassique sans bouleversement et superposées les unes aux autres dans l'ordre de leur dépôt. Il forme un plateau continu qui n'est divisé ni en crêtes ni en montagnes isolées par des vallées et qui n'est traversé que par quelques-uns de ces canaux déjà signalés.

Le Jura de Franconie, qui se réunit avec le précédent en formant un angle saillant vers Ratisbonne, est caractérisé par la présence de la dolomie. Toutes ses couches sont demeurées il est vrai dans leur ordre de superposition, et dans leur position primitive; mais à la partie supérieure on voit des blocs considérables de dolomie, tantôt rangés les uns contre les autres, tantôt présentant l'aspect de murs et de tours en ruine. La dolomie ne se rapproche pas à plus d'une lieue de distance des bords du plateau. Près d'Hemmau, elle est recouverte par le schiste à poissons ou lithographique de Solenhofen et plus loin vers le Danube par les couches du calcaire à Nerinées et à Dicérates, supérieur au terrain précédent. Une vallée qui se prolonge de Neuburg vers Monheim forme la limite de la dolomie ainsi que celle du Jura de Franconie. Il paraît certain que la présence de la dolomie est limitée à la partie du Jura qui,

vers la frontière de la Souabe, après s'être dirigée au nord-est, se dirige au nord et se prolonge parallèlement à la chaîne du Böhmerwald, et que cette roche est surtout prédominante au point où les deux directions se croisent. On ignore quelle relation peut exister entre ces deux phénomènes; cependant on peut penser que, lors du soulèvement du Böhmerwald, il s'est produit une fente parallèle à la direction de cette chaîne. De cette fente seraient sorties les vapeurs qui auraient transformé les couches jurassiques en dolomie. Cette transformation aurait été accompagnée d'un bouillonnement et d'un gonflement intérieur qui aurait ébranlé tout le pays, même les couches calcaires inférieures et qui aurait produit ces plis dont la diversité étonne, et pour lesquels on ne saurait trouver aucune loi. Les grandes fentes ouvertes dans le calcaire inférieur auraient laissé passer librement les vapeurs; et ces vapeurs n'auraient commencé à exercer leur action que sur les couches élevées qui, dépourvues de fentes, opposaient un obstacle à leur libre développement.

Aucun caractère tranché, ni de position, ni zoologique, ne distingue la dolomie de Franconie des couches calcaires de l'Alpe de la Souabe. Les fossiles, propres au calcaire, disparaissent dans la dolomie comme cela a lieu ordinairement. Le tests qui se sont conservés dans le calcaire ont été détruits dans la dolomie, et il n'en reste qu'une empreinte ordinairement très-imparfaite. Les fossiles, dont il n'est resté dans le calcaire qu'un moule, ont disparu complétement. (Les térébratules, les crinoïdes et les coraux, qui conservent en général leur enveloppe calcaire, sont dans le premier

cas.) Les cavités, qui restent dans la dolomie, sont remplies d'une substance blanche et légère qui est de la silice pure. Le *Terebratula lacunosa* et l'*Apiocrinites mespiliformis*, deux espèces caractéristiques pour les couches placées immédiatement au-dessous des grandes masses de coraux, se laissent généralement reconnaître dans la dolomie du Jura de Franconie, et permettent d'assigner à cette roche la place qu'elle occupe dans la série des couches.

COMPOSITION DU JURA D'ALLEMAGNE.

Le Jura d'Allemagne se partage naturellement en trois divisions : 1° une partie noire située au pied de la chaîne, et qui ne s'élève qu'à une faible hauteur ; elle est composée en grande partie de calcaire et de schiste ; 2° une partie brune ou jaune placée sur les pentes escarpées ; elle ne renferme guère que des grès ; 3° enfin une partie blanche ; ce sont les couches supérieures, remplies de coraux ; cette partie est composée de calcaire et forme un mur vertical qui termine les pentes de la chaîne. Comme la formation jurassique avait été étudiée en Angleterre avec le plus grand soin et dans le plus grand détail, on voulut retrouver en Allemagne ce qu'on voyait en Angleterre, et comme les fossiles étaient encore mal connus, on chercha à rapprocher les couches du Jura d'Allemagne de celles d'Angleterre, d'après d'autres caractères. Ainsi, dans le sud de l'Angleterre, une grande partie de la formation jurassique est composée d'oolites blanches et de calcaires compactes ; on pensa alors que la division supérieure, la partie blanche du Jura d'Allemagne devait appartenir à cette oolite, et l'on réunit les deux divisions

inférieures, la brune et la noire, comme représentant toutes les deux la formation du lias. Longtemps cette opinion prévalut dans le Wurtemberg. Le comte de Munster le premier s'éleva contre cette manière de voir et montra que tous les fossiles de la division brune, principalement dans les environs de Vasseralfingen près d'Aalen, se trouvaient également dans l'oolite inférieure d'Angleterre. Dès lors on crut que le calcaire blanc supérieur de l'Alpe du Wurtemberg occupait la place de l'étage moyen ou de l'oolite de Bath d'Angleterre et que les couches supérieures de la formation jurassique manquaient complétement en Allemagne. M. Murchison le pensait aussi; d'après lui les schistes de Solenhofen et de Stonesfield devaient appartenir à un même horizon géognostique, à l'étage oolitique moyen. Le 2 juillet 1830, j'exposai à Bamberg que d'après la considération des fossiles, sans aucun doute l'étage oolitique moyen d'Angleterre concordait avec la division brune; que le calcaire blanc représentait le coralrag anglais, et que les schistes de Solenhofen placés en dessus ne pouvaient être rapprochés de ceux de Stonesfield. M. Voltz avait déjà développé cette manière de voir, j'y ajoutai de nouveaux détails, et dès lors personne n'a plus douté que les couches supérieures du Jura d'Allemagne ne dussent se rapporter à la partie la plus récente de la formation jurassique.

Au lieu d'appliquer la dénomination de *formation oolitique* à la partie brune du Jura qui se compose d'un grès grossier, et qui ne ressemble en rien à des oolites, il me semble convenable d'adopter les désignations de Jura inférieur, Jura moyen et Jura supérieur, qui sont basées,

sur la superposition seule des couches, et qui n'ont rien de commun avec leur nature minéralogique si peu constante par elle-même.

Chacune de ces divisions se partage à son tour, avec la plus grande précision, en plusieurs sous-divisions, d'après les restes organiques, coquilles, poissons, reptiles qu'elle renferme; et cela aussi bien par rapport à la forme et à la nature de ces êtres que par rapport à la manière dont ils sont réunis les uns avec les autres. Ce qu'il y a donc de plus utile à faire pour la détermination de ces couches, c'est de réunir et de coordonner le plus de données possibles sur les coquilles et les autres restes organiques qu'elles renferment. Renonçant à en donner un relevé complet, je ne présenterai de chaque couche et de chaque division que les coquilles caractéristiques. En effet, dans chaque couche il se trouve quelques coquilles qui, quoique n'étant pas les plus abondantes, s'y rencontrent toujours et ne dépassent pas ses limites dans un espace déterminé. Comme il n'existe pas un grand nombre de ces coquilles, et qu'on peut en faire un choix, elles permettent de résumer d'une manière nette et précise la nature intérieure de tout un pays. Je ferai précéder le catalogue de ces fossiles de quelques observations générales auxquelles donne lieu le caractère zoologique de chaque formation.

I. Jura inférieur. — Lias.

Les couches du lias forment sous la chaîne du Jura comme un tapis qui s'étend à ses pieds et se prolonge assez loin sur les côtés : ce sont des collines aplaties qui occupent quelquefois un espace d'une lieue de largeur. Dans le Jura de

Franconie, les couches jurassiques inférieures s'observent non-seulement sur le côté intérieur de la chaîne, mais aussi sur la pente extérieure opposée; du côté du Danube, au contraire, ces couches sont recouvertes par des couches plus récentes, par le schiste à poissons et par le calcaire à Dicérates et à Nerinées.

Presque tous les fossiles que renferme le lias sont particuliers à ce terrain; aussi doivent-ils être pour la plupart considérés comme des fossiles caractéristiques. Ce fait remarquable a lieu non-seulement pour le Jura d'Allemagne, mais d'une manière générale pour toutes les couches du lias, en quelque endroit qu'on les ait observées. Parmi ces fossiles on remarque la famille entière d'Ammonites dite des *Arietes*; elle présente une grande variété de formes, mais dans toutes ces formes, la disposition des lobes des cloisons est la même, et les côtes latérales sont toujours simples, jamais divisées. La plus grande de toutes les Ammonites, l'*Ammonites Bucklandi* est la première que présente la formation jurassique au-dessus du keuper. On voit des individus énormes, grands comme des roues de voitures, serrés les uns contre les autres, former un véritable pavé d'Ammonites. Cette espèce ne s'élève pas au-dessus des couches inférieures, ou du moins c'est très-rare. Les Bélemnites manquent tout à fait dans les parties inférieures, et l'on n'y trouve que les excréments des poissons et des reptiles, qui sont si nombreux dans les couches supérieures. Tout prouve que les animaux qui ont vécu dans ces mers y ont joui de la plus grande tranquillité. Dans les localités où se trouve le *Gryphæa arcuata*, si caractéristique pour les couches inférieures, on en voit des individus sur

des lieues carrées, serrés par millions les uns contre les autres, tous dans la même position, leur plus grande dimension parallèle au plan de la couche et la valve operculaire placée en dessus; fait remarquable que l'on observe toujours avec un nouvel étonnement, particulièrement en Suisse où la position inclinée des couches donne souvent occasion de les suivre sur une longueur considérable.

C'est dans les couches supérieures du lias que paraissent pour la première fois ces immenses et singuliers reptiles, les *Ichthyosaures* et les *Plesiosaures* qui distinguent si bien toute la formation inférieure de celles qui la surmontent, et c'est encore plus haut que l'on trouve une grande quantité de poissons. Ils sont accompagnés d'une quantité considérable d'êtres qui montrent que les moyens de subsistance n'ont pas dû leur manquer. Les schistes où se trouvent leurs restes se composent presque entièrement de petites parties brisées, broyées et pour la plupart rongées; ils sont tellement remplis d'huile animale qu'on peut s'en servir pour les brûler immédiatement ou en retirer de l'huile par la distillation.

II. Jura moyen.

Deux couches épaisses d'argile bleue, l'inférieure plus pure et plus puissante, la supérieure renfermant quelques couches minces de calcaire, comprennent entre elles le Jura moyen en Allemagne. L'argile inférieure s'élève brusquement au-dessus des schistes du lias, et immédiatement à la couche supérieure succèdent les calcaires, qui se détachent par leur blancheur sur les flancs des montagnes. Il est impossible qu'une divi-

sion soit plus nette et plus tranchée. Tout ce qui est compris entre ces deux bandes extrêmes se distingue sans peine des autres parties du Jura, tant par sa composition que par ses restes organiques. L'ensemble se compose en général d'un grès brun dans lequel, à la partie inférieure surtout, se trouvent des couches entières de minerai de fer argileux, en grains lenticulaires. Les calcaires purs sont rares dans cette division et c'est là que les fossiles sont le plus abondants.

C'est un fait remarquable, que cette division jurassique présente dans les divers pays une apparence si différente, tandis que le caractère zoologique est constant. La partie inférieure et la partie supérieure, le lias et le coralrag, au contraire, présentent une composition si uniforme qu'on ne peut y reconnaître aucune différence dans les divers pays. Dans le Jura de France, entre la Moselle et la Marne, les oolites jaunes deviennent prédominantes, et l'on n'aperçoit plus de grès. Dans le sud de l'Angleterre, ces grès sont remplacés par des couches d'argile, par le *fullers earth* et le *bradford clay*; dans le nord, au contraire, dans le Yorkshire, on voit reparaître des grès très-développés et les oolites ne se montrent que tout à fait subordonnées. Ces grès du Yorkshire contiennent une grande quantité d'empreintes de plantes; dans quelques lieux on trouve même de véritables couches de charbon, ce qui établit une différence essentielle entre ces grès et ceux du Jura d'Allemagne où l'on n'a jamais trouvé l'empreinte d'une plante, pas même celle d'un algue ou d'un fucus.

Les empreintes du Yorkshire appartiennent en grande partie à divers genres de la famille des

Cycadées et au genre *Pecopteris* de la famille des Fougères, genres qui sont en général propres au keuper C'est là une anomalie remarquable dont l'explication exige des observations ultérieures. Cependant le passage établi ainsi entre les produits du keuper et du Jura est moins surprenant que celui observé par M. Elie de Beaumont dans les Alpes françaises, où les couches du lias renferment des plantes du terrain houiller.

La puissante couche d'argile que présente le Jura moyen, et que la plupart des géologues allemands rapportent au lias ainsi qu'une partie des grès qui reposent dessus, contient quelques fossiles tout à fait caractéristiques, et qui ne se retrouvent nulle part dans le lias. Ce sont particulièrement le *Trigonia navis* et le *Gervillia aviculoïdes*; le premier de ces fossiles est même tout à fait propre au Jura d'Allemagne et n'a été trouvé jusqu'ici ni en Angleterre ni en France, excepté dans les couches de Gundershofen qui ne sont qu'un prolongement du Jura d'Allemagne. Les fossiles qui se trouvent dans la couche d'argile inférieure et dans le grès qui lui est superposé, et que l'on rencontre en même temps dans le lias, sont encore plus abondants dans les grès qu'on n'a jamais rapportés au lias. Parmi ces fossiles, je citerai surtout l'*Ammonites Murchisonæ* qui y est très-répandu, et qui, sous différents noms, tels que ceux d'*Ammonites opalinus*, *mæandrus*, *primordialis*, et sous d'autres encore, a été reconnu dans toute l'Europe et partout en grande abondance.

En France, ainsi qu'en Angleterre, on a jusqu'ici regardé la formation du lias comme limitée

par les schistes à poissons; l'uniformité, avec laquelle ce schiste s'étend sous le Jura d'Allemagne, montre suffisamment combien la nature a établi une séparation tranchée dans la série des couches par la cessation de ce schiste.

III. Jura supérieur.

Immédiatement sur la couche d'argile supérieure (*oxford clay*), caractérisée par le *Gryphæa dilatata* et par l'*Ammonites sublævis*, repose une série de couches minces et alternatives de calcaire blanc et de marne qui, d'après le comte de Mandelslohe, atteint en Souabe une épaisseur de 600 pieds. On n'a pas, jusqu'ici, assigné à ces couches de nom anglais; elles paraissent tout à fait propres au Jura d'Allemagne. Elles sont très-bien caractérisées par une petite térébratule lisse qui s'y trouve en quantité extrêmement considérable, et qui se distingue facilement par l'inflexion considérable de sa valve ventrale et par la carène saillante de sa valve dorsale. Je l'ai décrite depuis longtemps sous le nom de *Terebratula impressa*. On n'a pas cité jusqu'ici d'autres fossiles essentiellement propres à cette partie du Jura. Vers la Franconie et vers l'extrémité du Jura sur le Mein, l'épaisseur de la marne diminue ainsi que celle des grès bruns qui lui sont inférieurs, et l'on a besoin de quelque attention pour retrouver ces couches au-dessus de Lichtenfels, au-dessus de Baireuth et de Bamberg.

Les couches moyennes, blanches et compactes, du Jura supérieur sont formées par des bancs de coraux. En Souabe, elles sont à découvert sur une grande étendue, en Franconie elles sont à dé-

couvert partout. Les coraux dont elles se composent gisent disséminés dans les champs. Parmi ces coraux, on voit dominer les *Cnémidies* et les *Scyphies*; ces couches sont encore caractérisées d'une manière toute spéciale par le *Terebratula lacunosa*. Cette térébratule se rencontre constamment dans toute l'étendue de ce terrain, même en France dans les parties où pénètre le Jura blanc; elle ne se retrouve plus dans le reste de la France, non plus qu'en Angleterre. On peut la regarder, ainsi que le *Trigonia navis*, comme un fossile appartenant exclusivement au Jura d'Allemagne. Les ammonites de la famille des *Planulati* sont aussi particulières à ces couches; parmi ces ammonites, je citerai l'*Ammonites polyplocus* qui ne se trouve qu'en Allemagne et en Suisse, et qu'on ne rencontre ni en France ni en Angleterre; les *Ammonites bifurcatus, biplex, plicatilis* et *multiradiatus* et l'*Ammonites flexuosus* pourraient aussi servir à déterminer avec exactitude la position des couches dans lesquelles ils se trouvent. Les coraux ont rassemblé autour d'eux un grand nombre de mollusques auxquels ils ont dû servir de pâture, mais à leur tour, ces mollusques ont été enveloppés dans les bancs formés par ces coraux.

Le *Portlandstone*, le calcaire à Dicérates et à Nérinées, forme le revêtement extérieur du Jura et paraît même recouvrir les schistes calcaires si connus à cause des poissons qu'ils renferment près de Kellheim, d'Aichstedt et de Pappenheim. C'est une formation très-générale et qui est plus développée sur le continent qu'en Angleterre. Elle manque en effet dans la partie nord de ce

pays. En France elle forme une lisière distincte e continue autour du bord intérieur du bassin parisien et présente une vaste courbe qui, des Ardennes, passe par Orléans et se prolonge jusqu'en Normandie. On la reconnaît facilement à la couche qui renferme l'*Exogyra virgula*.

Comme dans le Jura d'Allemagne, les couches se succèdent rapidement les unes au-dessus des autres, en présentant peu de largeur, on ne remarque pas facilement que ces couches, par les fossiles qu'elles renferment, se séparent nettement des bancs de coraux. On observa pour la première fois ce fait en 1835, près d'Ulm. Dans des pierres décomposées par l'influence de l'air, on reconnut la plus caractéristique de toutes les coquilles de cette formation, la *Pinna* à coquille épaisse et fibreuse que Saussure et de Luc avaient déjà décrite depuis un demi-siècle comme une rareté venant de Salève près Genève; Sowerby l'a trouvée en Angleterre et en a donné un dessin sous différents noms, d'abord sous le nom de *Mytilus amplus*, puis sous celui de *Pinna granulata*; enfin M. Defrance l'a nommée *Trichites* à cause de la structure fibreuse de son test. On reconnut bientôt que tous les fossiles qui se trouvaient près d'Ulm avec cette coquille concordaient avec ceux des environs de Porentruy cités par M. Thurmann, et il ne fut pas difficile de se convaincre que les couches jurassiques de Kellheim et de Ratisbonne, celles d'Heydenheim, de Blaubeuren, de Zwiefalten et de Möskirch, c'est-à-dire tout ce qui, du côté du Danube, forme la pente extérieure du Jura, devait être rapporté à cet étage.

Près de Neuburg et d'Ingolstadt ce sont les Dicérates, dont sont formées des couches entières, qui font reconnaître cette formation. Près de Möskirch ce sont les Nérinées qui la caractérisent, et il ne manque plus que d'avoir précisé sa présence au pied du Randen près de Schaffhouse, et au Lägerberg près de Bade, pour qu'on puisse réunir toutes ces couches avec celles qui se prolongent au pied du Jura de Suisse, et qui ont acquis une juste célébrité par les découvertes de M. Hugi.

Cette formation a cela de commun avec le lias, que presque tous les fossiles qui s'y rencontrent sont de vrais fossiles caractéristiques; mais ils ne se trouvent pas uniformément répandus partout. Ainsi, quoique la grande *Pinna* ou *Trichites* doive être regardée comme un indice certain de ces couches, on ne la rencontre cependant pas toujours, et elle paraît manquer près de Kellheim et sur les bords de la Nab et du Laber. Les Nérinées pourraient appartenir à des couches placées plus bas, c'est ce que rend très-vraisemblable leur gisement à Natheim et à Heydenheim. Aucun des fossiles remarquables de cette formation n'y paraît plus répandu que le *Pterocera Oceani*, décrit et figuré pour la première fois par M. Alex. Brongniart. Non-seulement il se trouve en Suisse, à Ulm, à Ingolstadt et à Kellheim dans le Jura d'Allemagne; mais il se rencontre également sur les crêtes du Jura entre le Weser et la Leine, sur les flancs du Jura de France comme dans les plaines des bords de la Loire et sur les îles littorales de l'Océan. On doit remarquer que le *Terebratula lacunosa*, si abondant dans les couches de coraux, manque presque totalement

dans le calcaire à Dicérates. Le *Terebratula alata*, au contraire, paraît sous une forme gigantesque, c'est évidemment un passage à la formation crétacée, dans laquelle ne se trouvent plus de térébratules à plis divisés par une fente.

Les rapports géognostiques entre le calcaire à Nérinées et à Dicérates et les schistes lithographiques de Solenhofen et de Pappenheim n'ont pas été reconnus jusqu'ici avec toute la précision désirable; on n'a pas encore trouvé de point où le schiste repose d'une manière distincte dessus ou dessous les couches à Dicérates. Il est très-vraisemblable que ces dernières couches sont supérieures aux premières. Cependant on pourrait penser aussi que les deux formations ne doivent jamais se trouver l'une au-dessus de l'autre, et sont seulement deux formations parallèles. La grandeur et la nature des fossiles du calcaire à Dicérates indiquent que c'est une formation pélagique, déposée dans une mer très-profonde; au contraire on ne peut regarder les schistes lithographiques que comme une formation déposée dans le voisinage des côtes. La grande quantité de poissons qui s'y trouve, la présence des algues, des libelles très-fréquents à Solenhofen, celle du *Geosaurus* pourvu de pieds, celle du *Pterodactylus* qui vit dans l'air, ne peuvent se comprendre que dans l'hypothèse du voisinage d'un continent.

Avec le calcaire à Dicérates ou calcaire de Portland se termine la série des couches du Jura d'Allemagne. On n'a reconnu ni en Allemagne ni en Suisse les assises qui le surmontent en Angleterre.

Le tableau ci-joint donne avec la série des couches du Jura d'Allemagne les fossiles caractéristiques de chacune d'elles. La grosseur diverse des caractères, employés pour les noms des fossiles, fait connaître l'importance de ces fossiles pour la détermination de chaque couche.

On ne peut pas s'attendre à ce que dans deux systèmes de terrains aussi séparés que le Jura anglais-français et le Jura allemand et suisse, les caractères zoologiques demeurent constants jusque dans les moindres détails; on reconnaît en effet des différences essentielles dans les coquilles caractéristiques, même dans celles qui se présentent en quantité considérable; et ce fait remarquable paraît conduire à cette conséquence que la séparation des deux systèmes date de leur origine et ne résulte pas de changements postérieurs. Les observations suivantes mettront ce fait dans tout son jour.

Dans le lias :

On remarque l'absence complète de débris du *Plesiosaurus*. Quoique les schistes aient été peu explorés, qu'ils ne l'aient été d'une manière un peu suivie que dans deux endroits, à Zell et à Boll en Souabe et près de Banz, on aurait trouvé là quelques restes de cet être extraordinaire, s'il n'était pas tout à fait étranger au Jura d'Allemagne.

Le *Terebratula numismalis* manque en Angleterre et ne se trouve en France que dans le prolongement du Jura d'Allemagne.

Le *Posidonia Bronnii*, qui se trouve en quantité si considérable dans les couches liassiques du sud

F... PINNA GRANULATA. ...a donacina. Terebratula substriata, trigonella. ...terebra. Pholadomya acuticosta.		Schiste lithographique.
...ryon arctiformis. Megachirus.		
...m. Lithodendron trichotomum. TRAGOS acetabulum. Astræa helianthoides, explanata. Co...ULA LACUNOSA. SCYPHIA cylindrica, costata. ...lcatus. NAUTILUS aganiticus.		Calcaire.
...S PERARMATUS, alternans.		Marne.
O...ILATATA. Ammonites Lamberti, hecticus.		Argile.
K... BELEMNITES CANALICULATUS.		
Ba... Ammonites Herveyi. ...IDEA. ...MNITES GIGANTEUS, aalensis.		Grès.
Inf... Gervillia Gastrochœna. PECTEN DISCIFORMIS.		
...ERVILLIA PERNOIDES. ...ta.		Argile.
AMMONITES ...IUS GRYPHOIDES. ...ENTACRINITES SUBANGULARIS, Briareus. ...tenuirostris, communis, platyodon.		Schiste.
LEPIDOTUS ... AMMONITES ...nismalis, tetraedra, triplicata. ...CYMBIUM. Pholadomya ambigua.		Lias.
Ammo... Unio concinna. Spirifer Walcotti. ...ARCUATA.		

de la France, n'a pas été cité dans la partie occidentale.

Le *Belemnites digitalis* ne se trouve s en Angleterre.

Dans le Jura moyen :

Le *Trigonia navis* est une coquille tout à fait propre à l'Allemagne.

Le *Pecten paradoxus*, si abondant en Allemagne, n'est cité ni par Sowerby ni par aucun autre géologue anglais.

L'*Ammonites Jason*, ainsi que je l'ai défini, manque en Angleterre et dans l'ouest de la France.

Au contraire on cherche vainement dans le Jura d'Allemagne le *Pecten fibrosus*, coquille qui dans le nord de l'Allemagne, près de Hanovre, de Hildesheim, près de Berlin et jusque près de Popilani est une des plus caractéristiques et des plus fréquentes de son genre.

Dans le Jura supérieur :

Le *Terebratula impressa*, si caractéristique, qui en Souabe forme des couches entières, aurait certainement été signalé par Sowerby et Phillips, s'il se trouvait en Angleterre.

L'*Ammonites polyplocus* ne se trouve dans aucune collection française et Sowerby ne l'a pas figuré.

M. Bronn assure que les *Scyphies* manquent complétement dans le nord de la France et en Angleterre.

L'*Exogyra virgula*, qui forme une lisière autour du Jura de France, depuis l'Océan jusqu'aux Ardennes, n'a pas encore été vu dans le Jura d'Allemagne.

RAPPORT

Sur les expériences faites à Saint-Étienne au moyen de la lampe de M. Du Mesnil;

Par M. GRUNER, Ingénieur des mines.

La lampe de M. Du Mesnil, décrite dans son mémoire et dans le rapport rédigé par M. Combes(1), a dû subir quelques modifications pour devenir et plus sûre et plus commode (*Pl. VIII, fig.* 1 à 3).

Le réservoir d'huile, au lieu d'être allongé dans le sens horizontal, a reçu une forme aplatie, comme une tabatière placée verticalement. Description.

Les deux plates-formes, supérieure et inférieure, ont été confectionnées en tôle forte de $\frac{1}{2}$ ligne, et sont étamées.

Les fils de fer destinés à prémunir le cylindre en cristal contre les chocs extérieurs, au lieu de passer alternativement dans des coches faites sur le bord des deux plates-formes, disposition qui avait l'inconvénient de rendre fort long le désassemblage de la lampe, ont été fixés invariablement, d'une part, à la plate-forme supérieure, et de l'autre à un fer à cheval qui enveloppe le cristal dans sa partie inférieure. Le fer à cheval est lié à

(1) Le rapport de M. Gruner contenant une description détaillée de la lampe de M. Du Mesnil, on a jugé superflu d'imprimer en même temps le mémoire adressé d'abord par l'inventeur à M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, ainsi que le rapport de M. Combes, cité par M. Gruner, qui fut rédigé au nom d'une commission formée de membres du corps des mines résidants à Paris. C'est sur l'avis de cette commission que la lampe fut envoyée à Saint-Étienne, pour y être soumise aux expériences dont le rapport de M. Gruner contient le compte-rendu.

de la flamme qui part de la mèche, on ne voit plus que deux petites flammèches bleuâtres au-dessus des tubes adducteurs de l'air. Une proportion encore plus forte de gaz fait cesser toute combustion. Si, avant d'atteindre ce point, on fait de nouveau décroître la quantité de gaz, la mèche se rallume insensiblement, la flamme s'allonge et reprend enfin son aspect primitif. Jamais la combustion du gaz ne s'est propagée en arrière à travers les treillis qui recouvrent les conduits d'air, lorsque l'expérience a été faite avec le gaz d'éclairage, mais avec l'hydrogène pur l'inflammation s'est opérée quelquefois lorsque le treillis métallique se composait de fils de fer, mais jamais à travers le treillis plus fin, formé de fils de cuivre jaune.

Un phénomène particulier se manifeste quand le gaz commence à brûler au-dessus des deux treillis. Les petites détonations du gaz produisent une espèce de son plaintif dont l'intensité varie avec la quantité de gaz. Ce même son se produit dans les mines lorsque la lampe est plongée dans une atmosphère détonante. C'est un avertissement salutaire pour les ouvriers qui devraient alors se retirer sans délai.

Sur le cylindre en cristal fortement échauffé par une combustion prolongée du gaz, on a projeté à plusieurs reprises des gouttelettes d'eau, sans qu'il ait éprouvé la moindre altération. En le touchant au moyen de fragments de glace, on est parvenu à y déterminer une légère fente. La chaleur était alors assez forte pour faire fondre la soudure avec laquelle le chapeau est fixé sur la cheminée.

La lampe est assez solide pour n'avoir éprouvé aucune avarie en la laissant tomber à plusieurs

reprises et dans plusieurs sens d'une hauteur de 2 mètres à 2m,50 sur un sol en pierres dures.

La lampe ainsi éprouvée fut ensuite essayée dans une mine. La lumière, d'abord vive, ne tarda pas, au bout de deux ou trois heures, de devenir rougeâtre; la flamme s'allongea graduellement, commença à fumer, et enfin au bout de quatre à cinq heures, la lampe s'éteignit : on reconnut facilement que le treillis métallique qui termine la cheminée était totalement recouvert à l'intérieur par du noir de fumée. Nous essayâmes de le nettoyer avec une brosse dans la mine même pendant que la lampe fonctionnait, mais il fut impossible d'enlever complétement le dépôt.

Dès que la lampe fume, le verre se ternit, devient assez promptement noir; et l'on est obligé de démonter la lampe pour pouvoir s'en servir encore.

Nous fûmes ainsi conduits à *supprimer le treillis métallique de la cheminée*, et pour n'être pas obligé d'allonger la cheminée, je proposai de rétrécir la section supérieure de ce tube. Ce rétrécissement augmente nécessairement la vitesse de l'air chaud au point de sortie, et rend ainsi plus difficile l'entrée du mélange détonant. Il était nécessaire toutefois d'examiner si un courant de gaz passant au-dessus de la cheminée, au moment même où l'allongement de la flamme intérieure est le plus grand possible, ne pourrait jamais s'allumer : on reprit donc les expériences du laboratoire.

Avec une cheminée de 20 centimètres de hauteur et rétrécie à la partie supérieure, il fut impossible d'allumer un courant de gaz hydrogène passant horizontalement au-dessus de la cheminée; mais il a été reconnu qu'un courant qui plongeait

légèrement dans l'intérieur de la cheminée, s'enflammerait quelquefois.

Il était donc indispensable d'empêcher qu'un courant de cette nature, que la chute d'un bloc de houille engendre nécessairement dans une mine, ne pût pénétrer dans l'intérieur de la lampe. A cet effet, on a recouvert le haut de la cheminée par un chapeau en forme de calotte sphérique, dont les bords descendent au-dessous de l'arête supérieure de la cheminée. Avec ce nouveau modèle il m'a été impossible d'enflammer un jet de gaz passant entre le chapeau et la cheminée, même dans les moments du plus grand allongement possible de la flamme intérieure. On ne peut nier toutefois qu'il y ait quelque danger à laisser ouvert le haut de la cheminée. On conçoit la possibilité d'un tirage en sens inverse et par suite d'une communication immédiate entre le gaz extérieur et la flamme intérieure. Cet accident pourrait arriver dans le cas du renversement ou de la chute de la lampe. Je pense qu'il serait possible de remédier à cet inconvénient en fermant par une plaque le haut de la cheminée et en composant d'un treillis métallique la moitié supérieure de la paroi cylindrique de la cheminée. L'autre moitié de la cheminée produirait toujours un tirage suffisamment actif, et en augmentant ainsi la surface des ouvertures par lesquelles l'air chaud peut s'échapper, on diminuera les chances d'obstruction par le noir de fumée, sans retomber dans les inconvénients de la lampe de Davy, parce que la flamme ne s'élèvera probablement jamais jusqu'à la partie supérieure de la cheminée. Ce treillis latéral pourra d'ailleurs tout aussi facilement se nettoyer avec une brosse dans la mine même que le treillis d'une lampe de Davy ordinaire. Ces en-

périences restent encore à faire; je fais construire actuellement une lampe avec cette nouvelle modification. Il est inutile de remarquer que dans les détails de la construction, la lampe pourrait encore recevoir diverses autres modifications.

La lampe ouverte à la partie supérieure et munie d'un capuchon en forme de calotte sphérique a été mise entre les mains d'un ouvrier.

Elle a paru d'un usage assez commode pour le piqueur qui laisse sa lampe en repos; mais elle ne pourrait servir au boiseur et encore moins au traîneur à cause de son volume et de la fragilité du verre. Au reste, la lampe de Davy, du moins dans les mines de la Loire, n'est pas non plus mise entre les mains des traîneurs. On éclaire, par des lampes de Davy fixes, les galeries remplies de gaz que les traîneurs sont obligés de traverser.

La hauteur considérable de ces lampes offre bien quelques inconvénients au piqueur qui souvent pose sa lampe dans l'entaille même, au mur de la couche; toutefois comme cette lampe éclaire bien mieux que la lampe de Davy, on peut sans inconvénients la placer à une plus grande distance de l'entaille.

Un inconvénient assez grave se présente lorsque la lampe se renverse. Des gouttes d'huile tombent sur le treillis métallique des tubes adducteurs de l'air et arrêtent l'alimentation de la flamme. La lumière est alors beaucoup moins vive surtout si à cette huile se mêle le poussier de charbon répandu dans les galeries de mines. Une expérience plus longue pourra seule décider jusqu'à quel point cet inconvénient a de la gravité.

Ces petits treillis métalliques ne pouvant être nettoyés sans démonter la lampe, il y aurait peut-être avantage pour arrêter le poussier de charbon,

de placer un second treillis à l'extrémité inférieure des canaux d'alimentation, ce qui permettrait de le nettoyer dans la mine même, au moyen d'une brosse. Mais ce treillis inférieur ne rendrait toutefois pas superflu le treillis supérieur, car si ce dernier n'existait pas, le gaz pourrait brûler dans les canaux d'alimentation eux-mêmes, et comme ils sont très-voisins du porte-mèche, l'huile pourrait être trop fortement échauffée.

Il reste aussi à examiner s'il ne serait pas possible de supprimer le réservoir d'huile latéral qui a l'inconvénient de déterminer facilement la chute de la lampe dans un certain sens, et d'augmenter son volume.

En résumé, la lampe de M. Du Mesnil, d'après les dernières modifications qu'il a adoptées, me paraît être : 1° d'un emploi moins dangereux que la lampe de Davy, toutes les fois qu'elle sera destinée à être suspendue ou à être posée à terre;

2° Elle est moins simple et plus volumineuse que la lampe de Davy, mais éclaire beaucoup mieux et doit mériter sous ce rapport aussi la préférence;

3° La fragilité du verre ne paraît pas être la cause d'un danger bien réel, si la lampe n'est pas mise entre les mains des traîneurs;

4° Cette lampe présentera toutefois encore des chances d'explosion, tant que l'on ne parviendra pas à fermer la partie supérieure de la cheminée par un treillis métallique;

5° Enfin, il reste encore des expériences à faire pour arriver à de nouveaux perfectionnements de cette lampe, et d'autres expériences plus prolongées sont nécessaires pour prononcer sur le mérite réel de cette invention.

DESCRIPTION ET USAGE

De l'indicateur perfectionné de Macnaught, ou dynamomètre pour les machines à vapeur (1);

(Traduction par extrait d'une brochure anglaise imprimée à Glasgow, 1831.)

L'indicateur est un instrument qui sert à mesurer la force (*the power*), développée par les machines à vapeur. Il montre la densité (2) de la vapeur dans le cylindre, et le degré de vide en chaque point de la course du piston. Il est simple dans sa construction, et d'une application facile. Par son moyen, le propriétaire d'une machine à vapeur peut, en une minute, constater la condition dans laquelle travaille sa machine; il peut découvrir la négligence de son machiniste; déterminer la partie de la force employée à vaincre les frottements, ou à mouvoir les diverses parties de ses mécanismes; s'il loue de la force, il peut mesurer

(1) L'indicateur dont il est ici question fait partie de la collection de l'École royale des mines, où je l'ai rapporté lors du voyage que je fis en Angleterre en 1834. La description de cet instrument, dont l'usage est plus commode que celui de l'indicateur de Watt, décrit par Tredgold, dont il ne diffère pas d'ailleurs essentiellement, me paraît intéresser, au même degré, les praticiens, qui pourront en faire assez fréquemment usage, et les savants qui s'occupent de mécanique appliquée.

Ch. Combes.

(2) Au mot *densité*, il faut substituer dans ce passage et dans la suite de la note, celui de *tension*, ou force élastique. L'auteur a supposé, à ce qu'il paraît, la densité proportionnelle à la tension.

en tout temps la quantité prise par le locataire; il peut déterminer l'influence des différentes espèces d'huiles sur l'intensité des frottements, et choisir les meilleures. Il peut déterminer la dépense de vapeur correspondante à des températures diverses de l'eau d'alimentation, et comparer l'économie qui résulte de l'emploi de l'eau froide avec la dépense nécessaire pour se la procurer. En définitive, cet instrument lui permet non-seulement de trouver le moyen le plus convenable de faire travailler sa machine, mais encore de mesurer la dépense, et de régler à volonté la distribution de sa force (1).

(*Fig.* 1, 2, 3, *Pl. XI.*) Le cylindre de l'indicateur a $\frac{1}{4}$ de pouce carré; les divisions de l'échelle sont de $\frac{1}{10}$ de pouce, représentant chacune la pression d'une livre avoir du poids sur une surface d'un pouce carré. Quand les robinets sont fermés, l'index correspond au *o* de l'échelle; quand ils sont ouverts, la pression de la vapeur sera marquée par les degrés de l'échelle supérieurs au *o*, et le vide par les degrés inférieurs. Dans la *fig.* 3, *a* désigne le robinet à graisser; *b*, l'instrument; *c*, le crochet et l'anneau coulant; *d*, la tige qui forme le rayon de la circonférence décrite par l'angle A du parallélogramme (*the radius bar*), et à laquelle est attachée l'extrémité du cordon; *e*, la pointe du traceur; *f*, le papier destiné à recevoir la trace, le *diagramme*. Pour se servir de l'indicateur, il faut le visser sur le robinet à graisse du couvercle du cylindre, ou sur une autre ouverture pra-

(1) Nous avons traduit littéralement le préambule de l'auteur, qui a un peu exagéré l'utilité, d'ailleurs incontestable, de son appareil.

tiquée exprès dans une place convenable. Un petit cordon est attaché à la tige *d*, à 6 ou 7 pouces du centre de rotation B; il se rattache, par un anneau coulant, au crochet du petit cordon qui fait le tour de la base de l'instrument. L'anneau coulant sert à allonger ou à raccourcir le cordon, jusqu'à ce qu'il ait la longueur convenable, pour que le cylindre mobile ne vienne pas, dans sa course, buter contre le point d'arrêt, ni les ressorts qui servent à fixer la feuille de papier, contre la pointe du traceur; c'est ce que l'on obtient aisément, en attachant le cordon plus ou moins près du centre de rotation de la tige B, et en faisant couler l'anneau. L'instrument une fois réglé, peut être définitivement fixé, et servir aux expériences futures.

Quand il est bien mis en place, placez une feuille de papier autour du cylindre mobile, en pinçant ses bords sous les ressorts : ayez soin qu'elle soit lisse et tendue, et repliez les bords pour l'assujettir. Placez un crayon bien taillé, à pointe fine, dans le support. Ecartez la pointe du papier, en faisant tourner la tige en dehors, autour de son articulation. Quand tout est bien disposé, le petit ressort (qui presse le crayon) peut être fixé de façon à ce que la pointe du crayon exerce seulement une pression légère sur le papier, dont elle touche la surface. Laissez alors donner à la machine quelques coups de piston, sans ouvrir le robinet de l'indicateur, pour que le crayon trace la ligne atmosphérique (celle qui correspond au o de l'échelle). Ouvrant alors le robinet, le crayon tracera une figure représentant exactement la densité de la vapeur et le degré de vide, pour chaque position du piston.

Quand le diagramme est tracé, il faut enlever la feuille de papier et suivre avec la pointe d'une plume taillée très-fin, la trace du crayon. Divisez la figure par des lignes équidistantes, perpendiculaires à la ligne atmosphérique : prenez les longueurs des ordonnées moyennes dans chaque division, à l'échelle de l'instrument; faites-en la somme : divisez par le nombre des parties formées dans la figure, et vous aurez pour quotient la pression moyenne.

Pour déterminer la force d'une machine, on calcule l'aire du piston en pouces carrés, on multiplie cette aire par la pression moyenne donnée par l'expérience, et par le nombre de pieds parcourus par le piston dans une minute. On divise ensuite par 33.000, qui exprime le nombre de livres qu'un cheval peut élever à un pied de hauteur dans une minute. On a ainsi la force en *chevaux*. Les constructeurs de machines admettent que la pression moyenne est de 10℔, et que la force effective est seulement de 7℔, c'est-à-dire qu'ils supposent que 3℔ sont absorbées par les résistances de la machine elle-même.

Une machine de 24 pouces de diamètre au cylindre, et de 5 pieds de course du piston, fournissant 22 coups complets ou 22 révolutions de la manivelle par minute, avec une pression moyenne de 10℔ au pouce carré, sur le piston, est habituellement livrée, comme ayant une force de 24 chevaux. Conformément au calcul indiqué ci-dessus, on a : l'aire du piston $= 24 \times 24 \times 0,7854 = 452,39$ pouces carrés : $452,39 \times 220$ (chemin parcouru par le piston dans une minute) $= 99525,80$.

$$99525,80 \times 7℔ = 696680,60.$$

Ce dernier nombre étant divisé par 33.000 donne pour la force effective 21,1 chevaux (1).

Or l'expérience pratique montre qu'avec des ouvertures suffisamment grandes et une quantité suffisante d'eau froide, on peut obtenir dans le condenseur un vide de 12lb,80, et à ce taux un cylindre de 24 pouces, aurait la force de 29,255 chevaux, c'est-à-dire 8,15 chevaux de force de plus que ne l'indique le calcul précédent. Les ouvertures pour l'issue de la vapeur devraient être proportionnées à la capacité, et non pas seulement à l'aire de la base du cylindre.

La machine sur laquelle a été tracé le diagramme n° 1, *Pl. IX*, offre à la vapeur une issue d'un pouce carré par 544 pouces cubes de la capacité du cylindre. La pression de la vapeur sur le piston était égale à celle de l'atmosphère; le vide était moyennement de 12lb,80.

Le n° 2 fait un vide moyen de 11lb,55, et la tension de la vapeur dépasse moyennement de 2lb,81 celle de l'atmosphère, ce qui fait en tout 14,36 de pression.

Le n° 3 présente un vide moyen de 12lb,30. La tension de la vapeur est inférieure à celle de l'atmosphère.

Le n° 4 offre l'exemple d'une machine dont les issues sont trop petites. Le vide moyen est de 8lb,89, et la tension de la vapeur dépasse de 2lb,81 celle de l'atmosphère.

---

(1) Nous rappellerons qu'on est convenu en France de prendre pour la force d'un cheval-vapeur 75 kilogr. élevés à 1 mètre dans une seconde, ou 4.500 kilogr. élevés à 1 mètre par minute. Cette évaluation coïncide à peu près avec celle de l'auteur, qui est d'ailleurs celle de Watt et Bolton.

Le n° 5 est pris sur une machine à soupapes (*Engine with puppet valves*), donnant une pression motrice moyenne de 8lb,24, et la vapeur étant à une tension inférieure à celle de l'atmosphère. Les soupapes *d'éduction* ferment trop tôt.

Le n° 6 est pris sur la même machine chargée seulement d'une petite partie des mécanismes. La pression moyenne est de 3lb,32.

Le n° 7 est pris encore sur la même machine encore moins chargée. La pression moyenne n'est que de 2lb,77.

La pression atmosphérique étant en nombre rond de 15lb par pouce carré, et le poids spécifique du mercure, dans les baromètres, pouvant être évalué à 13800lb, ce liquide s'élèvera généralement de 2 pouces par *livre de vide*, dans les manomètres fixés sur les condenseurs des machines, de sorte qu'un vide de 28 pouces, dans le manomètre, indiquera 14lb de vide dans le condenseur. Un vide parfait serait mesuré par 30 pouces de mercure. Mais l'indication du manomètre adapté au condenseur ne doit pas être prise comme donnant le degré de vide dans le cylindre. Nous avons vu la différence entre le vide dans le condenseur et dans le cylindre s'élever quelquefois à 3lb, parce que les passages de la vapeur étaient trop étroits. Si on fait marcher la machine à vide, on mesurera la force absorbée par le seul frottement de ses parties; on mesurera de même par un diagramme le frottement des différentes parties des mécanismes. Le frottement de la machine variera avec la simplicité de la construction, la profondeur et la distance auxquelles elle ira chercher l'eau de condensation, son état d'entretien. En général, il absorbera 1 $\frac{1}{2}$ à 2lb par pouce carré de la surface

du piston. Les diverses qualités d'huile pourront aussi être essayées. Dans une manufacture de coton de Glasgow, on supposait que la machine était surchargée, et elle ne faisait marcher les appareils qu'avec grande difficulté, jusqu'à ce que l'on fit usage d'une huile de meilleure qualité, ce qui diminua de 2lb au pouce carré la pression nécessaire.

L'appareil peut aussi s'appliquer sur le condenseur, sur les pompes, sur la chaudière même, lorsque la tension de la vapeur n'y dépassera pas les limites de l'échelle. Il remplira en un mot le même but que les manomètres à mercure.

DESCRIPTION DE L'INSTRUMENT.

Fig. 1. Élévation de l'indicateur.
Fig. 2. Section par un plan vertical.

Dans ces deux figures :

R est le robinet de l'indicateur, servant à ouvrir et fermer la communication entre l'intérieur du cylindre, et le dessous du piston K, *fig.* 2.

A plate-forme circulaire fixe.

P petite poulie de renvoi fixée à cette plate-forme.

CC′ cylindre tournant sur la plate-forme A, dont l'axe se confond avec celui du petit corps de pompe dans lequel joue le piston, K *fig.* 2. C'est sur le contour extérieur de ce cylindre qu'on roule la feuille de papier destinée à recevoir le diagramme.

tt tige du piston K.

ss (*fig.* 1) bandes métalliques minces faisant ressort, dans lesquelles on passe les bords de la feuille de papier.

e, cordon qui s'enroule dans une gorge ménagée à la base du cylindre CC′, passe sous la poulie P, et va s'attacher à la tige *d* (*voyez* la *fig.* 3).

ll′ fente longitudinale, ménagée suivant une génératrice du cylindre DD′, qui est invariablement fixé au petit corps de pompe, dans laquelle passe le bras *m* (*fig.* 2) attaché à la tige *t* du piston K.

a (*fig.* 1) pointe du traceur, qui participe au mouvement vertical du piston K.

ee' (*fig.* 1) échelle tracée sur un bord de la fente *ll'*.

Q (*fig.* 2) ressort à boudin fixé par le haut au couvercle du cylindre DD', et par le bas à la tige *tt*. Ce ressort est comprimé, lorsque la tige *m* s'élève au-dessus du *o* de l'échelle, et étendu lorsque cette tige s'abaisse au-dessous.

X (*fig.* 2) ressort de montre, en spirale, attaché par un bout au corps de pompe qui est fixe, par l'autre bout au cylindre mobile CC', et servant à faire rétrograder celui-ci, en tenant le cordon *c*, constamment tendu, pendant la course descendante du piston de la machine à vapeur.

La *fig.* (3) représente, à une échelle beaucoup plus petite, l'instrument mis en place, et prêt à fonctionner.

Les *fig.* 4 et 5 représentent l'élévation et la section horizontale d'un instrument construit sur le même principe que le précédent, mais qui sert seulement à mesurer l'excès de la tension de la vapeur, dans l'intérieur du cylindre d'une machine, sur la pression atmosphérique. Il est destiné à l'essai des machines qui fonctionnent sans condensation.

On a représenté en lignes ponctuées dans la *fig.* 4, le corps de pompe, le petit piston, et les parties cachées du ressort à boudin qui presse sa tige. Lorsque le petit piston est au bas de sa course, le ressort à boudin n'éprouve aucune tension et le traceur est au *o* de l'échelle. Ici le cylindre mobile sur lequel on place la feuille de papier est placé latéralement au cylindre qui enveloppe le petit corps de pompe, au lieu d'être concentrique avec lui. Ainsi les tiges articulées qui lient le traceur à la tige du piston sont couchées dans un plan horizontal.

Dans l'intérieur du cylindre mobile se trouve toujours un ressort en spirale, pour obtenir le mouvement rétrograde de ce cylindre, et tenir le cordon *c* constamment tendu.

Les diagrammes représentés sur la planche et dont il est parlé dans le texte, ont été obtenus avec un indicateur semblable à celui qui est représenté dans les *fig.* 1, 2 et 3.

NOTE

Sur les terrains d'une partie de la vallée du Donetz (1);

Par M. Léon LALANNE, Ingénieur des ponts et chaussées.

On sait que la carte d'un pays est incomplète lorsqu'elle en donne seulement la planimétrie, et que le relief du terrain n'y est pas indiqué d'une manière explicite. En effet, quoiqu'il y ait des relations générales entre les lignes de faîte et de thalweg, de sorte que ces dernières étant connues, on peut déterminer les principaux accidents des premières, il se présente néanmoins dans chaque cas particulier une variété de formes qui nécessite des observations spéciales. Ayant à étudier sous le rapport géologique une partie de la vallée du Donetz, il était donc naturel que l'on cherchât à exprimer avec autant de précision que possible le relief d'un terrain dont la planimétrie est parfaitement déterminée par la carte de l'état-major russe. C'est pour atteindre ce but, et pour chercher les affleurements de houille et de fer carbonaté, que l'on a séjourné successivement à *Popoff* (à l'E. de *Goundoroskaïa-Stanitza*), à *Kamenskaïa* et à *Kalitvenskaïa-Stanitza*. Exposé.

(1) Les lettres russes simples ont été remplacées par leurs équivalentes en français; seulement, lorsqu'on a rencontré des consonnes doubles, il a fallu adopter des représentations conventionnelles, savoir : *kh* pour *k aspiré*, *lh* pour *l dur*.

Échelle adoptée pour la carte topographique.

Le résumé des observations que l'on a été à même de faire en parcourant dans tous les sens le pays situé sur la rive droite du Donetz, est consigné sur une carte qu'il a semblé inutile de reproduire ici, et dont le canevas a été formé d'après la carte russe, à une échelle quintuple. Or, par une singulière coïncidence de mesures, cette dernière est à l'échelle de $0^m,005$ pour 2 verstes, ou de $0^m,0025$ par verste : la nôtre est donc à l'échelle de $0^m,025$ pour 2 verstes ou de $0^m,0125$ par verste, ce qui revient à $0^m,001$ pour $85^m,34$ d'après les rapports connus qui existent entre le kilomètre et la verste (une verste $= 1066^m,8$). La nouvelle carte de France est à l'échelle très-peu plus considérable de $\frac{1}{80000}$, et la carte de Cassini à l'échelle presque égale de $\frac{1}{86400}$. Il est donc évident que tout accident de terrain qui n'aura pas au moins de 90 à 100 mètres de largeur doit disparaître complétement sur notre carte, comme sur les deux dernières.

Apparence générale du relief du terrain.

Le terrain carbonifère de la Russie méridionale a subi de violentes dislocations qui lui auraient donné les formes les plus caractérisées, si des dépôts postérieurs de la formation crétacée, tertiaire et alluvienne, n'étaient pas venus se juxtaposer de manière à en effacer presque entièrement le relief. La surface du sol ne présente, à proprement parler, d'autre apparence que celle d'une vaste plaine sillonnée par des ravins. C'est seulement aux abords de ces ravins que l'on voit parfois des élévations un peu détachées du flanc du coteau offrir une apparence légèrement conique à leur partie supérieure.

Il n'a donc pas tenu à nous que la représentation graphique du terrain n'accusât des formes plus

caractérisées. Il eût été facile, en profitant des indications générales des cours d'eau, de les représenter comme découlant du pied de chaînes de collines. Mais la vérité aurait été étrangement défigurée ; car on n'arrive aux lignes de partage des eaux qu'avec des pentes d'autant plus faibles qu'on en approche davantage, et au lieu d'une arête culminante on trouve souvent une bande sensiblement horizontale sur une grande largeur. Cependant il existe presque partout un moyen certain de reconnaître la véritable direction des lignes de faîte : ce moyen est fourni par la disposition des *kourganes*, ou élévations coniques artificielles dont la destination est encore aujourd'hui le sujet de controverses. Que ces singuliers monuments du séjour des Tatares dans la Russie méridionale, aient été élevés comme tombeaux, comme signaux pour guider dans le désert, ou comme centres des campements des hordes, il n'en est pas moins certain qu'ils ont presque constamment été établis aux lignes de partage d'eau entre deux vallées consécutives. Cette loi remarquable est assez difficile à observer quand les ondulations du terrain sont très-peu prononcées, comme sur la plus grande partie du pays située entre Odessa et Bakhmout. Mais elle devient évidente dans la vallée du Donetz, où les ravins secondaires sont plus rapprochés les uns des autres, et où les lignes de faîte sont moins larges. Elle fournirait par conséquent un moyen facile de relever exactement sur une carte toutes les arêtes culminantes du pays, avec des instruments convenables. Il nous semble d'autant plus important de signaler cette disposition des kourganes, qu'elle paraît n'avoir encore été remarquée par aucun des

Dispositions remarquables des kourganes, suivant les lignes de faîte.

voyageurs qui ont parcouru ces contrées avant nous.

Il faut ajouter cependant qu'il y a des cas exceptionnels en dehors de la loi générale. Ceux qui nous ont le plus frappés se rencontrent aux environs de *Stilha*, sur les routes de *Biéchef* et de *Bakhmouth*, à l'est et au nord. Là, des espaces qui n'ont pas moins d'une lieue carrée sont couverts d'une prodigieuse quantité de petites élévations coniques, dont la hauteur varie de $0^m,50$ à $1^m,50$ ou 2 mètres, et qui sont placées de la manière la plus irrégulière à des distances variables de 10 à 50 mètres. Il existe aussi aux environs de *Kalitvenskaïa*, sur le côté droit de la vallée de la *Kalitvenietz*, un kourgane isolé, placé dans un lieu où le terrain n'a aucun relief. Il serait difficile de citer d'autres exceptions à la règle, dans tout le pays que j'ai parcouru.

Quatre espèces de terrains compris sur la carte.

Les terrains compris sur la carte topographique se rapportent à quatre formations essentiellement distinctes : 1° aux terrains alluviens et diluviens qui se trouvent au fond de presque toutes les vallées et peut-être sur une partie de la steppe ; 2° au terrain tertiaire qui recouvre la steppe partout où elle est horizontale et où le diluvium n'existe pas ; 3° au terrain crétacé qui renferme la craie pure, des sables avec rognons siliceux, et même des grès en couches puissantes ; 4° au terrain carbonifère, qui se compose de calcaire compacte et saccharoïde, de grès à gros grains, de grès à grains plus fins passant au quartzite, de psammites, de schistes quartzeux, et enfin de schistes ardoisiers.

Gisements de la houille et du fer carbonaté.

Les couches de houille sont intercalées au milieu de tous les étages de cette formation, dans le calcaire comme dans le schiste. Mais c'est un fait digne de remarque qu'elles paraissent plus rares

ou du moins plus pauvres là où le schiste existe en grandes masses noirâtres, présentant à une certaine distance l'apparence du charbon. Plus d'une fois trompé par cet aspect, j'ai fait des recherches infructueuses sur le flanc de coteaux qui m'avaient semblé riches en houille; et souvent aussi j'ai rencontré le combustible là où une teinte faiblement foncée se détachait à peine au milieu de couches de grès ou de calcaires. Le fer carbonaté existe dans ce terrain en couches composées de rognons dont l'espacement, l'épaisseur et la richesse sont variables. On le trouve exclusivement au milieu des grès schisteux et surtout des schistes, jamais dans le calcaire. Quelquefois il est à peu de distance de la houille; mais il est fort rare que les bancs les plus épais de combustible soient très-voisins d'un gisement riche en minerai. Il semble, au contraire, que parfois il y ait eu tendance de substitution de l'un à l'autre, dans ces schistes noirs dont il vient d'être question.

Débris organiques.

Nous n'avons pas été à même de trouver des fossiles dans les formations alluvienne et tertiaire. Nous n'en avons point rencontré non plus dans la partie du terrain crétacé qui est comprise sur la carte topographique; c'est seulement entre *Bakhmout* et *Lougane* que nous en avons vu en assez grand nombre dans les coteaux crayeux qui existent auprès de puits d'extraction de houille. Mais les débris organiques sont abondants dans toute l'étendue de la formation carbonifère. Le calcaire surtout renferme des coquilles telles que des spirifères, des productus, des térébratules, parfois des nautiles (plus rarement des trilobites). C'est dans le schiste, et particulièrement dans les grès

schisteux et les psammites, que l'on rencontre des empreintes végétales de la plus grande beauté, dont il ne m'appartient pas de donner ici l'énumération. Très-peu familiarisé avec la connaissance des fossiles, mais surpris de la ressemblance qui existe entre les coquilles de ces terrains et celles d'une partie de la Normandie et de la Bretagne, j'avais hasardé, dès leur première vue, l'opinion qu'elles paraissaient appartenir à l'époque de transition. Quelle que soit la position qu'il convient d'assigner à ces terrains dans l'échelle géologique, je leur donnerai constamment le nom de *carbonifères*.

Je passe maintenant aux détails sur chacun des terrains qui viennent d'être énumérés.

Terrains alluvien et diluvien. Le fond de la vallée du Donetz paraît composé de terrains meubles dont une partie peut remonter à une époque diluvienne, mais dont une partie aussi est bien certainement le produit de phénomènes récents et journaliers. Il y a dans cette vallée des inégalités nombreuses de terrain qui donnent lieu à des irrégularités notables dans le cours du fleuve, et à des changements de lit : de plus, les débordements des eaux forment des étangs dont la profondeur et l'étendue sont variables. Il y a donc peu de places dans cette vallée qui n'aient été remaniées par les eaux, à une époque rapprochée : les paludines, les lymnées, les planorbes, les moules et autres coquilles que l'on trouve, soit dans le Donetz, soit dans les étangs qui l'avoisinent, doivent donc aussi être enfouies en beaucoup de points de la vallée.

Dans les vallées secondaires les mêmes phénomènes se sont produits sur une échelle beaucoup moindre; les eaux y ont un régime plus

irrégulier, elles y séjournent moins longtemps, elles remanient brusquement les roches de la surface sans y former jamais des dépôts avec lenteur. Aussi reconnaît-on presque toujours la nature des roches voisines, dans les pierres roulées le long de leurs thalwegs. Dans les vallées des deux *Kamenka*, de la *Riguine*, des trois *Govenaïa*, par exemple, on ne voit que des fragments de grès, de schistes, plus rarement de calcaire. Jamais il n'y a de galets, à proprement parler. Mais dans le haut de la vallée des *Douvannoï* et sur une partie notable de la longueur de celle de *Soukhodoltchinskoï*, on voit des débris de craie, qui, à raison de la plus grande friabilité de la roche, ont les angles plus arrondis. Je donne ici, pour exemple, l'élévation de la berge gauche de la petite rivière des *Douvannoï* à une verste ½ environ au-dessous de *Verkhnié-Douvannoï* (*Pl. X*, *fig.* 1).

C'est un fait remarquable, et qui ne doit pas être passé sous silence, que, vers son embouchure, entre le point où le cours d'eau secondaire sort du coteau qui borde la vallée principale et le point où il se jette dans le Donetz, il y a ordinairement des irrégularités de régime, dues au peu de pente du thalweg. De vastes étangs ou des marais produits par des barrages naturels à l'embouchure, y existent pendant l'été, de sorte que, sous ce rapport au moins, les affluents du Donetz contribuent à la formation des alluvions de la vallée de cette rivière. Tous ceux de la rive droite qui sont compris sur la carte, savoir : la *Biélitka*, la *Kamenka*, la *Mal-Kamenka*, la *Riguine*, etc., se trouvent dans ce cas.

Il faut ajouter que sur la rive gauche du Donetz, à peu de distance au-dessus du coude brusque

qui précède *Oust-Doubovskoï*, on trouve à une hauteur assez considérable le coteau qui borde le fleuve recouvert de petits cailloux roulés, dont quelques-uns sont des silex analogues à ceux des terrains tertiaires des environs de Paris. Les dépôts de cette nature, qui sont très-rares dans le pays, paraissent devoir être rangés dans le terrain diluvien.

Terrain tertiaire.

Peut-être quelques-unes des argiles qui se trouvent dans les vallées du Donetz et de ses affluents doivent-elles être rapportées à l'époque tertiaire; peut-être en est-il de même pour quelques-uns des dépôts de sable nombreux qui existent sur les deux rives du Donetz. Dans tous les cas, on ne peut guère attribuer qu'à l'époque tertiaire les vastes dépôts superficiels qui recouvrent la steppe sur une si grande étendue. Mais nulle part, dans la vallée du Donetz, ce dépôt n'est caractérisé comme il l'est dans la vallée du Don, et sur la côte de la mer Noire, notamment auprès d'Odessa, par des bancs de calcaire très-fossilifère.

Terrain crétacé. Craie pure.

La craie pure ou parfois marneuse, toujours si facilement reconnaissable à ses caractères physiques, a été trouvée en plusieurs points de la partie du nord-ouest de la carte, notamment à l'ouest et au sud de *Podgornoï*, aux environs de *Soukhodoltchinskoï*, de *Verkhnié-Douvannoï* et de *Bielinka*. Les mamelons qui existent au sud de la première de ces localités, sur la rive droite du Donetz, en sont presque uniquement composés jusqu'à mi-chemin de *Popoff*. Au S.-O. de *Bielinka*, elle apparaît avec une épaisseur de 5 à 6 mètres à l'origine d'un petit ravin qui aboutit à la vallée de même nom.

Sables avec rognons de quartz cellulaire.

Le mamelon qui domine le village de *Pod-*

gornoï est recouvert à sa partie supérieure d'un sable siliceux dans lequel sont disséminés de nombreux rognons de quartz et de silex cellulaire, dont le volume s'élève en quelques points à un mètre cube. Cette formation, supérieure à la craie, semble devoir être rangée dans le terrain crétacé, par l'analogie de ses caractères extérieurs avec certaines parties qui appartiennent évidemment à ce terrain dans l'Europe occidentale. On a cherché, mais en vain, à la trouver recouverte par d'autres formations.

Grès cellulaires et sables sans rognons quartzeux.

La vallée de la *Doubovskoï*, affluent de la rive gauche du Donetz entre *Kamenskaïa* et *Kalitvenskaïa*, offre une succession remarquable des différents étages qui paraissent appartenir au terrain crétacé. Dans la partie supérieure, on voit des bancs épais de grès quartzeux rougeâtres, à structure grenue, forés de cellules en quelques endroits; plus bas, la craie pure ou marneuse; plus bas encore, des sables qui tapissent le fond de la vallée et les flancs des coteaux composés de grès et de schistes, et qui ne renferment pas de rognons quartzeux.

Tous ces terrains sont en couches horizontales, et ils sont séparés par des espaces sans affleurements, qui en font perdre la trace et ne permettent pas de reconnaître leurs positions respectives. Il est possible qu'ils soient rangés dans l'ordre que sembleraient indiquer leurs différences de niveau, ce qui forcerait à admettre dans ce terrain crétacé plusieurs formations sablonneuses, dont les unes seraient supérieures et les autres inférieures à la craie. Je suis porté, à cause de la ressemblance des caractères extérieurs, à ranger dans le terrain crétacé la plupart, sinon la totalité des sables qui

se trouvent dans la vallée du Donetz; où ils occupent quelquefois sur le sol une étendue assez considérable; notamment aux environs de *Goundoroskaïa*, de *Kalitvenskaïa*, d'*Ekatérinenskaïa* et d'*Oust-Bouistrianskaïa*. Cependant je n'ai marqué sur la carte que les points où la craie a été reconnue d'une manière certaine.

Limites du terrain crétacé. Les limites du terrain crétacé, en y comprenant toutes les formations qui viennent d'être énumérées, ne pourraient pas être tracées d'une manière continue; mais si l'on considère les points où la présence de la craie ne peut laisser aucun doute, la portion du nord-ouest de la carte comprise entre le Donetz, la vallée des *Douvannoï* et une ligne droite qui partirait de quelques centaines de mètres au-dessus de *Verkhnié-Douvannoï* pour aboutir à la moitié du chemin entre *Podgornoï* et *Popoff*, peut être considérée comme appartenant presque exclusivement au terrain crétacé. En y ajoutant le petit îlot placé au S.-O. de *Bialinka*, on aura sur la carte l'espace qui est, sans aucun doute, recouvert par ce terrain.

Terrain carbonifère. Le terrain auquel nous donnons le nom de *carbonifère* est évidemment le plus ancien de tous ceux qui sont compris sur l'étendue de la carte. On le voit plonger sous la craie un peu au nord de *Soukhodoltchinskoï*, au sud de *Verkhnié-Douvannoï*, ainsi que le représente la coupe suivante prise la face tournée vers le cours de la vallée, un peu au-dessous de cette dernière localité (*fig.* 12).

Succession des roches. La succession des roches qui constituent le terrain carbonifère paraît être la suivante, en commençant par les plus modernes : calcaire; grès à texture variable, ordinairement à grains fins, habituellement compactes, passant parfois au

quartzite; psammites; grauwacke; enfin schiste ardoisier. Il peut exister quelque incertitude sur les positions respectives de plusieurs de ces roches qui, dans certains cas, alternent les unes avec les autres : mais on ne peut douter que le calcaire ne soit supérieur à toutes les autres roches. Sans ajouter plus de confiance qu'elle n'en mérite à la preuve qui résulte de la différence réelle de niveau, comme on n'a presque jamais traversé de ligne de faîte sans y trouver le calcaire au point culminant, on ne peut admettre une pareille circonstance s'il n'existe pas aussi une différence de niveau géologique. Ce fait ne paraît pas devoir être infirmé par le passage remarquable qui a lieu du calcaire à la grauwacke sur le flanc gauche de la vallée de la *Riguine*, dans un gisement fossilifère dont on a recueilli des échantillons pour constater cette particularité curieuse, ni par la présence au milieu des schistes de très-petites couches de calcaire qui passent aussi à la grauwacke.

Le calcaire offre peu de différences minéralogiques dans toute l'étendue du terrain carbonifère. Il est ordinairement grenu, à structure très-serrée ou saccharoïde, à cassure conchoïdale, de couleur grise. La percussion y développe une odeur fétide, surtout dans les gîtes fossilifères. On y rencontre, outre les fossiles, un singulier accident de structure auquel on serait tenté d'abord d'attribuer une origine organique, mais qui est dû, à ce qu'il paraît, à un effet de compression des couches. Ce sont de petits cônes qui se détachent facilement de la masse, et dont la surface extérieure est sillonnée de stries nombreuses, parallèles au plan de la base et des lits. Ce phé- Calcaire.

nomène paraît être rare et n'exister que dans les petites couches intercalées au milieu des schistes.

Grès, psammites, schistes.

Le grès est le plus souvent gris ; je ne l'ai vu rouge que par fragments isolés, et blanc que dans la vallée de la *Kadamofka*, à peu de distance du village de *Daniloff*, entre *Kamenskaïa* et *Novo-Tcherkask*, sur une coupe de terrain où les schistes carbonifères occupent la partie inférieure. Il est rarement micacé sans affecter la structure schisteuse et sans passer au psammite. Il contient très-rarement des fragments dont le volume atteigne un centimètre cube ; le plus souvent les grains sont fins, la structure est homogène, la ténacité très-forte ; on pourrait confondre avec le quartz certaines portions de cette roche. On n'y rencontre pas de sable provenant de la désagrégation actuelle de la pierre. Il n'y a aucune particularité remarquable dans la transition parfois insensible par laquelle le grès passe successivement au psammite, à la grauwacke, au schiste compacte et au schiste ardoisier. Ces roches se présentent partout avec les mêmes caractères que dans les terrains de transition de Bretagne et de Normandie (voir la coupe de terrain qui donne une idée des fréquentes alternances des schistes et des psammites, *fig.* 3).

Inclinaisons du terrain. — Plongements alternatifs.

La formation carbonifère de la Russie méridionale a été soumise à des causes violentes de dislocation qui ont donné des inclinaisons très-différentes à ses roches. L'horizontalité est un cas particulier qui n'a lieu ordinairement qu'entre deux plongements ou deux relèvements alternatifs dont les inclinaisons se manifestent en sens contraires. Souvent ces alternances peuvent être aperçues dans un espace très-limité de terrain. Entre *Soukhodoltchinskoï* et *Verkhnié-Douvan-*

noï, et entre les deux lignes qui terminent le contre-fort occidental commun aux deux vallées du Donetz et de la *Kamenka*, il en existe une qui ne peut être découverte que par l'examen attentif des sens du prolongement des roches dans une assez grande étendue de terrain. Mais les vallées de la *Mal-Kamenka*, de la *Riguine*, des *Govenaïa*, donnent, dans un espace très-resserré, des exemples palpables de ces changements dans le sens de l'inclinaison, que nous avons esquissés pour la plupart (*fig.* 4, 5, 6, 7, 8, 9).

La plus frappante de ces alternances, quoiqu'elle soit peut-être uniquement superficielle, ou qu'elle ne se prolonge pas à une grande profondeur, est celle que l'on rencontre quand on va de *Bielinka* à *Vlassoff*, sur le grand plateau qui s'étend entre les vallées du Donetz et de la *Kamenka*, séparées alors par un intervalle de 12 à 15 verstes. Les arêtes calcaires qui se montrent au jour, ont, à de très-petites distances, des plongements successifs vers le nord et vers le sud, ainsi que le représente la *fig.* 4.

Direction générale des couches.

Si l'on examine les différents affleurements qui ont été portés sur la carte, on ne tarde pas à reconnaître qu'en général leur direction est constante, ou plutôt s'écarte peu d'une moyenne qui courrait ouest-est 15 à 20° vers le sud ; mais le très-grand nombre des cas qui convergent vers cette valeur moyenne ne permet pas de la mettre en doute. Or, si on compare cette direction et ces roches à celles qui caractérisent les terrains supérieurs de transition de l'Europe occidentale, l'identité des deux formations ne peut être méconnue. Et, comme nous l'avons dit plus haut, cette identité étant déjà presque certaine, indépendamment de

la direction, par la similitude des débris organiques, on doit en conclure la confirmation de la belle loi de constance dans la direction des soulèvements contemporains.

Direction générale de la vallée du Donetz.

On doit encore remarquer que la vallée du Donetz, dans la plus grande partie de son cours, et qu'un assez grand nombre de vallées placées au nord et au sud de cette rivière, ont des directions générales parallèles à celle du soulèvement du terrain carbonifère, de sorte que les lignes de faîte intermédiaires sont aussi dirigées de la même manière. Comme le parallélisme des vallées principales et des terrains qu'elles sillonnent est loin d'être général, on n'attachera pas une importance majeure au fait qui vient d'être signalé ; on se contentera de faire observer qu'il prouve que la dislocation subie par le terrain carbonifère a été assez prononcée pour que les dépôts postérieurs n'en aient pas fait disparaître la trace.

État présumé des richesses minérales.

Dans une question aussi grave que celle de l'entreprise d'une exploitation minérale au milieu d'une région qui n'en possède presque point encore, les considérations théoriques ne doivent pas être le seul guide, et l'on ne saurait s'entourer de trop de documents, faire trop de recherches, avant de prendre une décision. Il ne suffit donc pas que l'identité du terrain carbonifère de la Russie méridionale avec le terrain de transition supérieur soit bien constatée, et que l'on sache qu'en général les exploitations houillères de ce dernier terrain ont peu d'importance : il faut encore faire des recherches dans toute l'étendue de la formation, étudier les différentes couches qui se présentent. C'est ce que l'on a fait dans une partie du pays des Cosaques du Don,

avec tout le soin que réclamait cette importante question. Or, autant que peut le faire présumer une rapide exploration de deux mois et demi, il n'est possible d'établir dans ce pays aucune grande exploitation minérale. Donnons quelques motifs à l'appui de notre opinion.

1° La plupart des affleurements de houille sont presque insignifiants. Les épaisseurs de 20 à 30 centimètres sont les plus fréquentes : on en trouve beaucoup qui ont moins encore, peu qui aient davantage. L'épaisseur maximum s'élève très-rarement de 1 à 2 mètres; mais d'après les recherches infructueuses sur une grande étendue de terrain pour découvrir le prolongement de ces couches, et d'après les exploitations observées dans les vallées de la *Topoleva* et de *Koungriochaïa*, on est fortement porté à croire que cette sur-épaisseur est due ordinairement à des amas, qui ne se comportent pas comme de véritables couches, et qui s'étendent à une très-petite distance.

2° La qualité de la houille est généralement médiocre. Quoique recueillie à l'affleurement, elle avait souvent paru meilleure qu'elle n'est en réalité. Des essais directs à la forge ont réduit ces appréciations à leur juste valeur. Dans l'une des exploitations les plus importantes du pays, à *Popofskoï*, elle peut être employée à forger le fer; mais, comme elle est très-sulfureuse, ce n'est pas sans de graves inconvénients. Celle que l'on a extraite de l'affleurement d'*Ilinka-Popoff*, sur la rive gauche de la *Kamenka*, a été essayée inutilement pour la réparation des outils, et l'on a été obligé de faire venir de la houille de *Licitcha-Balhka*, à plus de 150 verstes (40 lieues environ),

par de mauvais chemins. Dans beaucoup d'autres localités la pyrite est disséminée dans la houille en si grande abondance, que la surface extérieure à l'affleurement est couverte d'efflorescences sulfureuses (sous-sulfate de fer), sur plus d'un millimètre d'épaisseur.

3° Des remarques analogues peuvent être faites sur les minerais de fer. La plupart sont des rognons peu volumineux clair-semés au milieu des schistes ou des psammites. Dans les cas très-rares où la couche acquiert une épaisseur de $0^m,25$ à $0^m,30$ ou $0^m,40$, elle paraît avoir peu d'étendue. Enfin la qualité de ces minerais est en général fort mauvaise ; il y en a même quelques-uns d'assez belle apparence, qui par suite d'essais, ont été jugés inexploitables.

La conclusion naturelle des faits qui ont été exposés dans cette notice, est donc que, si la formation ferro-carbonifère de la Russie méridionale présente le plus grand intérêt sous le rapport géologique, elle semble ne pas offrir la moindre chance de succès à de grandes entreprises industrielles, du moins dans tout le pays que j'ai parcouru.

EXPLICATION DES FIGURES DE LA PLANCHE X.

Figure 1.

Élévation de la berge gauche de la petite rivière des Douvannoï, en aval de Verkhnié-Douvannoï.

Au-dessous de la terre végétale, qui a une épaisseur d'environ $0^{m},50$, on voit un dépôt de pierrailles crayeuses. Vient ensuite une masse assez considérable d'argile, puis enfin une série de petits bancs horizontaux de galets crayeux.

Figure 2.

Coupe en travers de la vallée des Douvannoï en aval de la coupe précédente.

Le grès en couches, légèrement inclinées, plonge de droite à gauche sous des bancs épais de craie.

Figure 3.

Coupe en long prise dans le sens du thalweg de la partie supérieure de la vallée de la Riguine.

Les parties faiblement teintées indiquent des couches de psammites : les hachures plus serrées indiquent des schistes en stratification concordante avec les psammites. Vers la droite de la figure on voit des bancs de rognons de fer carbonaté, qui affleurent le sol, et qui sont intercalés entre les schistes.

Figures 4 et 4 *bis*.

Coupe en long et plan des plongements alternatifs des arêtes calcaires du plateau entre Bielinka et Vlassof.

Figure 5.

Coupe en travers de la vallée de la petite Kamenka, en amont du village de Popoff.

Plongements, divergents en sens contraires, des grès et des schistes qui se montrent sur les flancs des deux côtés de la vallée.

Figure 6.

Élévation du flanc droit de la vallée de la grande Govenaïa, un peu en amont, de son embouchure dans la vallée du Donetz.

Plongements, divergents en sens contraire, des schistes argileux et des grès.

FIGURE 7.

Élévation du flanc droit de la même vallée à 1.000 ou 1.200 mètres en amont de la coupe précédente.

Plongements convergents de grès et de schistes. Au milieu des couches de schistes indiquées à gauche, il y a des rognons de fer carbonaté.

FIGURE 8.

Élévation du flanc gauche de la même vallée à peu de distance de l'emplacement de la figure précédente.

Plongements convergents de couches de grès.

FIGURE 9.

Élévation du flanc gauche de la vallée de la Riguine, vers le milieu de son cours.

Plongements convergents; rognons de fer carbonaté intercalés par couches entre les grès et les schistes; blocs calcaires roulés, provenant du plateau qui domine la vallée.

FIGURE 10.

Élévation du flanc gauche de la vallée de la Riguine, à deux kilomètres environ, en aval de l'emplacement de la figure précédente.

Plongements convergents. Le sommet à gauche est composé de grès schisteux et de calcaire fossilifère. Les petits traits noirs indiquent des affleurements de houille.

FIGURE 11.

Flanc gauche de la vallée de la Kamenka, au-dessus du village du même nom.

De grandes assises de grès et de calcaire couronnent les coteaux, dont la partie inférieure est composée de schistes ardoisiers.

FIGURE 12.

Esquisse prise à 20 kilomètres environ à l'ouest de Lougane.

A, Cône de craie au milieu des grès et des schistes de la formation carbonifère. Cette figure et la précédente peuvent donner une idée de l'apparence du relief du pays, aux bords des vallées. Mais à une distance peu considérable du flanc du coteau, commence la *steppe* presque toujours horizontale.

RECHERCHES

Sur la composition des gaz des hauts-fourneaux, et sur le parti qu'on peut en tirer comme combustible (1);

Par M. EBELMEN, Ingénieur des mines.

L'emploi, comme combustible, des flammes qui se dégagent des hauts-fourneaux et des autres foyers destinés au travail du fer, est un des perfectionnements les plus importants que la

(1) A l'époque où les expériences qui font l'objet de ce mémoire ont été entreprises, j'ignorais que M. Bunsen se fût occupé du même sujet, en analysant les gaz pris à différentes profondeurs dans le haut-fourneau de Veckerhagen. Après avoir pris communication des résultats obtenus par ce chimiste, je me suis décidé à publier ces premiers essais par les considérations suivantes : les procédés que j'ai employés sont tout à fait différents de ceux de M. Bunsen, et présentent, je crois, au moins autant de garanties d'exactitude : en second lieu, les résultats des analyses sont loin d'être les mêmes, ce qui tient sans doute à la différence que présentent les roulements des fourneaux de Veckerhagen et de Clerval. Enfin, si le procédé que j'ai suivi ne m'a pas permis de déterminer séparément la proportion d'hydrogène et celle d'hydrogène protocarboné, les analyses eudiométriques de M. Bunsen ont été faites sur des gaz dépouillés de vapeur d'eau, corps qui n'a point été dosé. J'ai pensé d'ailleurs que la publication de nombreuses analyses de gaz de hauts-fourneaux dans des circonstances variables de roulement était un des meilleurs moyens d'éclaircir ce qu'il peut y avoir d'obscur encore dans leur théorie.

métallurgie ait réalisés depuis plusieurs années. Dès 1814, M. Berthier en avait signalé toute l'importance dans le *Journal des mines*, et l'on peut affirmer que cette innovation a facilité tous les autres progrès obtenus dans l'art des forges depuis cette époque. Il me suffira de rappeler que c'est seulement en utilisant les flammes perdues, qu'on est parvenu à introduire dans la plupart de nos hauts-fourneaux l'emploi de l'air chaud et du bois desséché ou torréfié au lieu de charbon. On s'est aperçu, il y a quelques années, que la flamme du gueulard était plus que suffisante pour fournir, par l'intermédiaire d'une chaudière à vapeur, la force motrice nécessaire au soufflement d'un haut-fourneau, et cette importante amélioration, qui dispensera le maître de forges de l'usage d'un cours d'eau, permettra d'établir les usines dans les localités les plus favorables aux approvisionnements en bois et en minerais. Enfin, on est parvenu, dans ces derniers temps, à utiliser les gaz combustibles pour refondre la fonte et même pour le soudage du fer, ainsi qu'il résulte des essais dont il a été rendu compte succinctement dans le tome XIV des *Annales des mines*, page 349.

M. Robin, à qui l'on doit ces derniers essais, a cherché à apprécier la valeur calorifique des gaz qui se dégagent du haut-fourneau de Niederbronn par deux procédés : l'un qui consistait à mesurer la quantité de vapeur produite sous une tension connue, dans un temps donné, et l'autre, où l'on mesurait la température et le volume de l'eau de condensation. M. Robin est parvenu à ce résultat, que la flamme perdue du haut-fourneau de Niederbronn représentait les 54,9 p. 0/0 de la

valeur calorifique du charbon introduit dans le fourneau, et une force de 26,6 chevaux-vapeur.

L'analyse chimique de ces gaz devait donner la facilité d'apprécier, avec un certain degré d'exactitude, la quantité de chaleur absolue développée par leur combustion, ainsi que la limite supérieure de la température qu'elle permet d'atteindre. M. le conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines a jugé convenable de faire exécuter ce travail, et il a bien voulu me le confier. Ce mémoire renferme la première partie des recherches que nécessite son accomplissement.

Ces premières expériences ont été faites sur les gaz du haut-fourneau de Clerval (Doubs), pendant le mois de juin 1839. Je dois exprimer ici à MM. Bouchot, frères, propriétaires de cette usine, et en particulier à M. Auguste Bouchot, qui y réside, tous mes remercîments pour l'extrême complaisance dont ils ont usé à mon égard.

Avant d'indiquer les procédés que j'ai suivis et les résultats obtenus, je dois signaler avec soin les principales circonstances que présentait à cette époque le roulement du haut-fourneau, car la composition des gaz est nécessairement en rapport avec elles.

Le haut-fourneau, mis en feu à la fin d'avril 1839, présente les dimensions suivantes :

	m.
Diamètre du gueulard	0,66
Diamètre au ventre	2,16
Hauteur de la cuve	5,66
Hauteur des étalages	2,12
Diamètre de l'ouvrage au raccordement avec les étalages	0,72
Hauteur de l'ouvrage	0,44

Largeur devant la tuyère.	0^m,61
Hauteur du creuset.	0 ,44
Hauteur totale du fourneau.	8 ,66

Les mesures en usage dans l'usine sont :

Pour le charbon, le cuveau = 5 rasses = $\frac{1}{2}$ mètre cube ; le charbon de meule se compose de $\frac{2}{3}$ environ d'essences chêne, hêtre et charme, et $\frac{1}{3}$ bois blanc. J'ai trouvé 116 kilog. pour le poids du cuveau de charbon, soit 232 kilog. le mètre cube.

Pour les minerais, la mesure employée est la conge = $\frac{1}{12}$ cuveau = $\frac{1}{2}$ pied cube métrique.

Les minerais employés sont des mines en grains argileuses de diverses localités. Le minerai de la Chapelle-Saint-Quillain (Haute-Saône) entre pour moitié dans le mélange des mines en grains. On y ajoute du minerai calcaire en roche, provenant de la mine de Laissey (Doubs).

Pendant mon séjour à l'usine, la charge a été presque constamment composée de :

Minerais en grains. . . .	6 conges,	pesant	201 kilogr.
Minerai de Laissey. . . .	4 —	—	130
Battitures et paille de fer.	$\frac{1}{4}$ —	—	11
Castine.	$\frac{1}{4}$ —	—	7
Charbon.	1 cuveau,	—	116

La charge ainsi composée produit 95 kilog. de fonte grise employée à fabriquer des moulages en première fusion. On passe moyennement 30 à 32 charges en 24 heures, ce qui donne un produit de 3.000 kilog. environ par jour. Il en résulte que les minerais rendent en moyenne 27,8 p. 0/0, et que l'on consomme 122 de charbon p. 0/0 de fonte.

Le lit de fusion renferme :

Fer métallique		0,287
Matières volatiles 0,330.	Oxygène	0,125
	Eau	0,128
	Acide carbonique	0,077
Matières terreuses 0,383.	Silice	0,202
	Alumine	0,076
	Chaux	0,098
	Oxyde de manganèse	0,007
		1,000

1 de charbon fond 3 fois son poids de minerai et de castine.

Essais des charbons.

J'ai déterminé la composition de deux espèces de charbon de meule provenant des essences chêne et tremble, en les analysant au moyen de l'oxyde de cuivre et du chlorate de potasse. L'oxygène qu'on fait dégager à la fin de l'opération sert à brûler les parcelles de charbon qui ont échappé à l'action de l'oxyde de cuivre. Les charbons analysés avaient été préalablement desséchés dans un courant d'air sec à la température de 140° à 150° : la poussière était pesée dans un tube fermé à l'abri du contact de l'air. Enfin, le tube à combustion rempli du mélange était desséché avec soin dans le vide sec à la température de 120° environ, au moyen de la petite pompe pneumatique de M. Gay-Lussac.

Charbon de jeune chêne.

Des fragments de ce charbon, après avoir été exposés longtemps à l'air ont été desséchés dans un courant d'air sec, à une température de 140° ou 150°. Au bout d'une heure et demie, j'ai trouvé qu'ils avaient perdu exactement 6 p. o/o de leur poids.

Cendres. 1gr.,272 ont donné 0,039 de cendres grisâtres (1).

(1) L'incinération a été faite au rouge, de sorte que la

Hydrogène et carbone. I. $0^{gr.},501$ ont donné $0^{gr.},127$ d'eau et $1^{gr.},591$ d'acide carbonique.

II. 0,408 ont donné 0,105 d'eau et 1,292 d'acide carbonique.

D'où l'on tire pour la composition du charbon :

	I	II	Moyenne.
Hydrogène.	2,81	2,85	2,83
Carbone.	87,80	87,56	87,68
Oxygène.	6,33	6,53	6,43
Cendres.	3,06	3,06	3,06
	100,00	100,00	100,00

ou, déduction faite des cendres,

Hydrogène.	2,91
Carbone.	90,46
Oxygène.	6,63
	100,00

Analyse immédiate. Deux fragments du même charbon, desséchés comme je l'ai indiqué tout à l'heure, et pesant $6^{gr.},12$, calcinés au blanc dans un double creuset et avec les précautions d'usage, pesaient $5^{gr.},32$; d'où :

Matières volatiles. . . .	13,06
Charbon.	83,88
Cendres.	3,06
	100,00

En admettant que le charbon ainsi calciné ne renferme plus qu'une trace d'hydrogène, on trouve que les 13,06 de matières volatiles doivent se composer de :

chaux se trouve dans les cendres à l'état de carbonate. La proportion des principes volatils obtenue par l'analyse immédiate est donc un peu trop forte.

Oxygène. . . .	6,43	49,7
Hydrogène . . .	2,83	21,6
Carbone. . . .	3,80	28,7
	13,06	100,0

Charbon de tremble.

Ce charbon est très-léger; sa couleur est d'un noir mat. En l'examinant à la loupe, on voit qu'il est criblé de petites cavités ou pores disposées dans le sens des fibres du bois. Il perd par dessiccation à 140° les 0,052 de son poids.

Cendres. 1,053 ont donné 0,009 de cendres très-blanches et très-légères.

Hydrogène et carbone. 0gr,270 ont donné 0,078 d'eau et 0,852 d'acide carbonique.

On tire de là, pour la composition du charbon :

Hydrogène. . . .	3,20
Carbone.	87,22
Oxygène.	8,72
Cendres.	0,86
	100,00

ou, déduction faite des cendres,

Hydrogène.	3,22
Carbone.	87,98
Oxygène.	8,80
	100,00

Analyse immédiate. 5gr.,33 bien desséchés et calcinés en vase clos à la chaleur blanche ont perdu 0gr.,91, d'où l'on tire :

Matières volatiles. .	17,07
Charbon.	82,01
Cendres.	0,86
	100,00

Les 17,07 de matières volatiles renferment.

Hydrogène. . .	3,20	18,7
Oxygène. . . .	8,72	51,2
Carbone. . . .	5,15	30,1
	17,07	100,0

Le haut-fourneau marche au vent chaud. La soufflerie est mise en mouvement par une machine à vapeur alimentée par deux chaudières, dont l'une est placée sur le gueulard, et l'autre sur le sol de l'usine. La buse a 0^m,072 de diamètre. La pression de l'air varie entre 15 et 38 millimètres de mercure par suite de l'inégalité dans la production de la vapeur.

Description de l'appareil employé.

Dans toutes les expériences qui vont suivre, la détermination des gaz, à l'exception de l'azote a été faite par des pesées. Après l'absorption de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique par le chlorure de calcium et la potasse, les gaz étaient brûlés par leur passage à travers un tube rempli d'oxyde de cuivre. L'eau et l'acide carbonique résultant de cette combustion étaient condensés par le chlorure de calcium et la potasse.

L'appareil, représenté *Pl. XI, fig.* 1, se compose : 1° d'un tube étroit *a*, recourbé à angle droit, et plongeant dans le gueulard de 0^m,25 environ; 2° d'un tube *b* rempli de chlorure de calcium, et lié au précédent à l'aide d'un tuyau en caoutchouc; 3° d'un appareil condenseur *c*, renfermant une dissolution de potasse caustique à 43° Baumé; il est lié au précédent par un tube en caoutchouc; 4° d'un tube *d* en verre vert ou en porcelaine rempli d'oxyde de cuivre, et placé sur un fourneau en tôle de 0^m,35 de longueur, analogue à ceux dont on se sert pour les analyses

organiques; ce tube reçoit d'un côté l'une des branches du condenseur *c*; 5° d'un appareil de chlorure de calcium *e* qui s'ajuste au tube à combustion par un bouchon; 6° d'un condenseur à potasse *f*; 7° celui-ci se raccorde avec un tube recourbé à angle droit *i*, qui vient plonger jusqu'à une petite distance du fond dans un flacon *g* rempli d'eau, de quelques litres de capacité. Ce flacon est muni d'une tubulure latérale, placée à quelques centimètres du fond, et qui reçoit un bouchon portant un tube *h* recourbé à angle droit et effilé à son extrémité supérieure. Dans la position où le représente la figure, l'eau se tient au même niveau dans le flacon *g* et dans le tube *h*; mais en faisant tourner celui-ci dans le bouchon qu'il traverse, de manière à ce qu'il prenne la position *h'*, on voit que, si la différence de niveau entre l'extrémité du tube *h'* et celle du tube *i* est assez considérable pour faire équilibre à la somme des hauteurs de la potasse déplacée dans les condenseurs *c* et *f*, le gaz, aspiré dans le fourneau par l'extrémité du tube *a*, traversera successivement tous les appareils, et se rassemblera à l'extrémité supérieure de la bouteille *g*, après s'être dépouillé de la vapeur d'eau, de l'acide carbonique et des gaz combustibles qu'il renfermait. Il suffira donc de mesurer le gaz qui arrive dans la bouteille pour avoir la proportion de gaz azote. Le volume de ce gaz est le même que le volume de l'eau qui s'écoule par le tube *h'*; mais pour obtenir le volume de ce gaz, sec et à la pression $0^{m},760$, il faut tenir compte de la différence entre le niveau de l'eau dans le flacon *g* à la fin de l'expérience et l'extrémité du

tube *h'* (1), et de la tension maximum de la vapeur d'eau à la température à laquelle on opère.

L'oxyde de cuivre que j'ai employé était un mélange à parties égales d'oxyde provenant de la calcination du nitrate et de planures grillées. L'emploi d'un tube en porcelaine est préférable à celui d'un tube en verre vert. Le gaz que renferme le tube *d* quand l'opération marche ayant une tension inférieure à la pression atmosphérique, il en résulte que le tube en verre, lorsqu'il est un peu ramolli, s'affaisse et se plisse longitudinalement, en comprimant la colonne d'oxyde, ce qui a rendu quelquefois le passage des gaz très-difficile.

Avant d'ajuster les différentes pièces de l'appareil, il faut commencer par dessécher complétement l'oxyde de cuivre. On y parvient en chauffant le tube *d* et en aspirant avec la bouche par l'une des extrémités, tandis qu'à l'autre est adapté un tube à chlorure de calcium pour dessécher l'air qui traverse la colonne chaude d'oxyde de cuivre. On met ensuite en place les quatre appareils *b*-*c*-*e*-*f* qu'on a pesés à la balance au milligramme; on fait plonger le tube *a* dans le fourneau, et l'on commence l'opération en renversant le tube *h* de la quantité nécessaire pour obtenir un courant de gaz lent et régulier. On peut s'arranger de façon

(1) La vitesse d'écoulement de l'eau par le tube *h'* est déterminée par la différence de niveau entre les extrémités inférieures des tubes *i* et *h'*, et cette vitesse doit rester constante, tant que le tube *h'* reste dans la même position. La force élastique du gaz, qui se rassemble au haut de la bouteille, varie du commencement à la fin de l'opération, et diffère à chaque instant de celle de l'air extérieur de toute la hauteur de colonne d'eau comprise entre le niveau dans la bouteille et l'extrémité du tube *h'*.

à recueillir un litre d'eau dans $\frac{3}{4}$ d'heure ou une heure. Lorsqu'on juge que la quantité de gaz qui a traversé l'appareil est suffisante, on soulève le tube *a* pour le retirer du fourneau, on ajuste à son extrémité un tube renfermant du chlorure de calcium, et l'on continue à aspirer de l'air sec pour balayer tout l'appareil; mais on a soin de ne pas recevoir l'eau qui s'écoule avec celle qu'on a recueillie dans la première période de l'opération. Celle-ci représente bien le volume total du gaz azote; car, si on a commencé à la recevoir lorsque l'appareil était encore rempli d'air, ce qui donne une erreur en plus, on a cessé de la recueillir au moment où le tube d'aspiration n'a plus plongé dans le fourneau, quand l'appareil était encore rempli de gaz. Cette compensation est à très-peu près exacte.

Il arrive assez ordinairement qu'une partie de la vapeur d'eau se condense dans le tube *a*. Il faut, pendant qu'on aspire l'air sec à la fin de l'opération, placer quelques charbons sur toute sa longueur pour forcer la vapeur d'eau à passer dans le tube *b*.

La différence entre les poids des quatre appareils *b-c-e-f*, avant et après l'opération, permet de calculer la composition du gaz. Les deux premiers donnent le poids de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique. Mais les appareils *e* et *f* représentent seulement l'hydrogène et le carbone que contiennent les gaz combustibles, et il est nécessaire de faire une supposition qui permette de calculer le volume des gaz auxquels ils correspondent. J'ai supposé, dans toutes les expériences qui suivent, que l'hydrogène se trouvait à l'état d'hydrogène protocarboné dans le mélange gazeux. Il est ex-

trêmement probable qu'une partie notable de ce gaz y existe à l'état libre, et même que le mélange gazeux renferme quelques parties de gaz hydrogénés combustibles autres que l'hydrogène et l'hydrogène carboné, comme les substances volatiles que donne le charbon de meule à la distillation. Au reste, la proportion d'hydrogène protocarboné étant toujours comprise entre 3 et 4 p. o/o du volume du gaz, la détermination relative des deux gaz ne présente pas beaucoup d'importance, et l'on verra, par les nombres rapportés ci-après, qu'elle est à peu près indifférente quant à l'appréciation de la quantité de chaleur et de la température développées par la combustion.

Pour parvenir, au moyen de l'appareil décrit tout à l'heure, à déterminer exactement les trois gaz, hydrogène, hydrogène protocarboné et oxyde de carbone, il faudrait pouvoir doser la quantité d'oxygène qu'ils ont absorbée pour se transformer en eau et en acide carbonique. Cette quantité serait représentée exactement par la différence de poids du tube à combustion avant et après l'opération, si l'on pouvait remplir tout l'appareil de gaz azote avant de la commencer et en la terminant. On parviendra à ce résultat, je pense, par la disposition suivante qui n'aura que l'inconvénient de compliquer davantage un appareil dont le maniement offre déjà quelque difficulté, surtout quand on opère sur la plate-forme du gueulard d'un haut-fourneau. Au lieu de faire communiquer directement le tube *a*, avec l'appareil à chlorure de calcium *b*, on intercalerait entre ces deux tubes un tube à trois pointes, semblable à ceux qu'on emploie dans l'analyse des substances organiques azotées. La troisième pointe

perpendiculaire à la ligne *ab* recevrait l'azote. Pour obtenir ce gaz à volonté, il suffira de placer dans le fourneau un second tube d'aspiration, à la suite duquel se trouvera un tube en porcelaine rempli d'oxyde de cuivre pour brûler le gaz; l'eau et l'acide carbonique seront absorbés dans un long tube rempli de potasse caustique qui communiquera avec le tube à trois pointes. Deux petits robinets en cuivre placés, l'un entre le tube *a* et le tube à trois pointes, l'autre entre celui-ci et la source de gaz azote, permettront d'introduire à volonté dans l'appareil, soit le gaz du fourneau, soit l'azote. On pourrait d'ailleurs, sans inconvénient, réduire la longueur du tube à combustion à $0^m,20$; car j'ai remarqué qu'il ne renfermait jamais de cuivre métallique à plus de 6 à 7 centimètres de son extrémité antérieure. Le poids de ce tube rempli d'oxyde de cuivre ne dépasserait pas 70 ou 80 grammes, et l'on pourrait par conséquent, avec une bonne balance, apprécier l'oxygène absorbé à 1 milligramme près.

Recherches de l'oxygène dans les gaz.

J'ai fait plusieurs expériences pour rechercher l'oxygène libre dans les gaz du haut-fourneau. Pour les recueillir, j'employais un appareil d'aspiration dans lequel le tube *a* communiquait directement avec le tube *i*. La bouteille étant exactement remplie d'eau, on commençait par y introduire 100 ou $200^{cc.}$ de gaz pour chasser tout l'air des tubes, puis on ouvrait la bouteille, on la remplissait de nouveau, et l'on recommençait l'aspiration. Le gaz aspiré était transvasé dans une éprouvette. Après avoir absorbé l'acide carbonique par la potasse, j'ai essayé le gaz par le

phosphore; j'ai toujours obtenu des vapeurs blanches sensibles; mais la diminution de volume n'a jamais dépassé $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{3}$ p. o/o : elle a été même, dans quelques expériences, tout à fait inappréciable. On doit donc en conclure que les gaz ne renferment plus d'oxygène libre, et que la faible proportion accusée par le phosphore dans quelques expériences, provient de l'air dissous dans l'eau et qui a été déplacé pendant l'opération, soit par l'acide carbonique, soit par la potasse caustique.

Première expérience.

L'opération a duré 1 heure $\frac{3}{4}$; on a chargé trois fois dans l'intervalle; on a obtenu les nombres suivants :

		gr.
Vapeur d'eau		0,440
Acide carbonique		1,115
Produits de la combustion.	Eau	0,263
	Acide carbonique	1,748
Volume de l'eau écoulée		3lit.,120
Différence entre le niveau de l'eau dans la bouteille et l'extrémité du tube h'		0m,30
Température		23°
Baromètre		0m,744
Volume du gaz supposé sec, ramené à zéro et à 0m,760		2l.,658

Ces nombres donnent, pour la composition du gaz en volumes (1) :

---

(1) Pour calculer la composition du gaz au moyen des nombres obtenus dans l'expérience, on part des données suivantes :

1 d'eau, provenant de la combustion, correspond à 0,451 d'hydrogène protocarboné, et à 0,340 de carbone.

1 d'acide carbonique renferme 0,2765 de carbone.

1 de carbone correspond à 2,307 d'oxyde de carbone.

Ayant déterminé, au moyen de ces nombres, le poids

Vapeur d'eau	0,117
Acide carbonique	0,121
Hydrogène protocarboné	0,035
Oxyde de carbone	0,155
Azote	0,572
	1,000
Température du vent	195°.
Pression du vent au manomètre à mercure.	$0^m,030$.

Expérience n° 2.

L'opération a duré 1 heure $\frac{1}{4}$; on a chargé deux fois dans cet intervalle. Voici les nombres obtenus :

		gr.
Eau		0,265
Acide carbonique		0,679
Produits de la combustion.	Eau	0,174
	Acide carbonique	1,093
Volume de l'eau écoulée		$1^{lit.},828$
Différence de niveau		$0^m,33$
Température		25°
Baromètre		$0^m,745$
Volume du gaz sec, ramené à zéro et à la pression de $0^m,760$		$1^{lit.},540$

---

de chacun des gaz, on arrive à obtenir leur volume, en se rappelant que :

	gr.
1 litre de vapeur d'eau pèse	0,807
1 *id.* d'acide carbonique	1,980
1 *id.* d'hydrogène protocarboné.	0,722
1 *id.* d'oxyde de carbone	1,257

Pour avoir le volume du gaz azote ramené à l'état sec, à zéro et à la pression de $0^m,760$, on emploie la formule

$$x = \frac{q(\mathrm{H}-h)}{760 \times (1+0,00375\,t)},$$

Dans laquelle q représente le volume de l'eau écoulée;

H la pression barométrique du lieu et de l'instant de l'expérience;

h la valeur en millimètres de mercure de la différence

On tire de là :

Vapeur d'eau.	0,118
Acide carbonique.	0,123
Hydrogène carboné.	0,038
Oxyde de carbone	0,160
Azote	0,561
	1,000
Température du vent.	205°
Pression au manomètre. . . .	0m,018

Expérience n° 3.

L'opération a duré 1 heure $\frac{1}{4}$. On a obtenu :

		gr.
Eau.		0,177
Acide carbonique.		0,480
Produits de la combustion.	Eau.	0,112
	Acide carbonique. . . .	0,715
		lit.
Volume de l'eau écoulée.		1,250
Gaz azote sec, ramené à zéro et à 0m,760. .		1,064

On tire de là :

Vapeur d'eau.	0,116
Acide carbonique.	0,128
Hydrogène carboné.	0,037
Oxyde de carbone	0,155
Azote.	0,564
	1,000
Température du vent	190°
Pression à l'orifice de la buse.	0m,028

Expérience n° 4.

L'opération a duré 1 heure $\frac{1}{4}$. On a obtenu :

de niveau entre l'eau dans la bouteille et l'extrémité du tube d'écoulement, plus la tension maximum de la vapeur d'eau à la température à laquelle on opère ;

t la température de l'air à la fin de l'opération.

Eau		gr. 0,172
Acide carbonique		0,455
Produits de la combustion.	Eau	0,097
	Acide carbonique	0,660

Volume de l'eau écoulée	lit. 1,211
Volume du gaz azote sec, ramené à zéro et à 0^m,760	1,001

On tire de là :

Vapeur d'eau	0,118
Acide carbonique	0,127
Hydrogène carboné	0,034
Oxyde de carbone	0,152
Azote	0,569
	1,000
Température du vent	190°
Pression au manomètre	0^m,035

Les quatre expériences qui précèdent ont été faites avec la même allure du fourneau. La fonte était grise et de bonne qualité pour le travail de la sablerie. Il existe peu de différence entre les résultats de ces analyses : on peut remarquer seulement que la proportion de gaz combustibles paraît augmenter légèrement lorsque la pression du vent diminue. Ainsi, dans l'expérience n° 4, la proportion d'oxyde de carbone et d'hydrogène carboné est sensiblement moindre que dans l'analyse n° 2 qui correspond à une pression manométrique de moitié environ plus faible. Ce fait peut se concevoir facilement, car la pression et le volume de l'air lancé étant moindres dans un cas que dans l'autre, les gaz séjournent plus longtemps dans le fourneau, et peuvent s'y charger d'une plus grande proportion de charbon ; il est également d'accord avec les résultats des roulements des hauts-fourneaux, qui prouvent que la

consommation de combustible, rapportée à la fonte obtenue, augmente quand la vitesse du vent diminue. On remarquera aussi que la quantité d'azote augmente sensiblement quand la proportion d'oxyde de carbone diminue, et que celle d'acide carbonique augmente ; et cela doit être, puisque l'azote doit varier dans le même sens que l'oxygène combiné dans le gaz.

Dans les deux expériences suivantes, le charbon de halle avait été remplacé par du charbon nouveau de vieux chêne. On avait diminué la charge en minerai de $\frac{1}{2}$ conge, soit 5 p. o/o.

Expérience n° 5.

On a obtenu les nombres suivants :

		gr.
Eau.		0,166
Acide carbonique.		0,398
Produits de la combustion.	Eau.	0,120
	Acide carbonique.	0,784
		lit.
Volume de l'eau écoulée.		1,248
Azote sec, ramené à zéro et à 0m,760.		1,042

Ces nombres donnent :

Vapeur d'eau.	0,110
Acide carbonique.	0,109
Hydrogène carboné.	0,040
Oxyde de carbone.	0,177
Azote.	0,563
	1,000
Pression au manomètre.	0m,038
Température du vent.	215°

Expérience n° 6.

On a obtenu les nombres suivants :

		gr.
Eau.		0,184
Acide carbonique.		0,452
Produits de la combustion.	Eau.	0,145
	Acide carbonique.	0,920

	lit.
Volume de l'eau écoulée.	1,393
Gaz azote sec, ramené à zéro et à 0m,760.	1,180

Ces nombres donnent pour la composition du gaz :

Vapeur d'eau.	0,108
Acide carbonique.	0,108
Hydrogène carboné.	0,042
Oxyde de carbone.	0,179
Azote.	0,562
	1,000
Pression manométrique.	0m,038
Température du vent.	210°

Le soir du même jour, la température du vent atteint 220° ; la flamme du gueulard est plus intense et plus brillante qu'à l'ordinaire.

Ces deux analyses sont d'accord avec les résultats qu'on attribue dans la plupart des hauts-fourneaux à l'emploi du charbon nouveau : on admet que le charbon sortant des meules porte moins de minerai et donne plus de chaleur au gueulard que celui qui a séjourné quelques mois dans les halles. On peut remarquer aussi que la quantité de vapeur d'eau a sensiblement diminué. Le charbon nouvellement préparé paraît plus facilement soluble dans l'acide carbonique que le charbon ancien, et ce fait, bien que très-remarquable, n'est pas sans analogie avec beaucoup d'autres réactions chimiques.

On a recommencé à employer du charbon vieux, et la composition des gaz est redevenue ce qu'elle était auparavant, ainsi qu'on peut en juger par les résultats des deux analyses nos 7 et 8.

Expérience n° 7.

L'aspiration a duré une heure $\frac{1}{2}$; l'analyse a donné les nombres suivants :

		gr.
Eau.		0,209
Acide carbonique.		0,567
Produits de la combustion.	Eau.	0,142
	Acide carbonique.	0,869
		lit.
Volume de l'eau écoulée.		1,610
Gaz azote sec, ramené à zéro et à $0^m,760$.		1,336

On tire de là :

Vapeur d'eau.	0,112
Acide carbonique.	0,124
Hydrogène carboné.	0,038
Oxyde de carbone.	0,152
Azote.	0,574
	1,000
Pression au manomètre.	$0^m,036$
Température du vent.	203°

Expérience n° 8.

L'opération a duré 1 heure $\frac{1}{4}$, elle a donné :

		gr.
Eau.		0,199
Acide carbonique.		0,525
Produits de la combustion.	Eau.	0,132
	Acide carbonique.	0,816
		lit.
Volume de l'eau écoulée.		1,505
Gaz azote sec, ramené à zéro et à $0^m,760$.		1,203

Ces nombres donnent pour la composition du gaz :

Vapeur d'eau.	0,115
Acide carbonique.	0,124
Hydrogène carboné.	0,038
Oxyde de carbone.	0,156
Azote.	0,567
	1,000
Pression au manomètre.	$0^m,034$
Température du vent.	205°

La charge qui correspond à ces deux expériences se composait de 9 conges $\frac{1}{2}$ minerais. La fonte était déjà trop grise pour la sablerie, et la charge devait être ramenée à 10 conges.

On a essayé, pendant quelques jours, de substituer à 2 rasses de charbon 1 rasse de bois vert pesant 40 kilogrammes et 20 kil. de coke. On a renoncé bien vite à cet essai, parce que la fonte devenait blanche et impropre à la fabrication de la sablerie, bien que l'on eût diminué progressivement la portée de minerais jusqu'à 8 conges $\frac{1}{2}$.

La nature des produits de la distillation du bois étant fort complexe, il est clair que le procédé que j'ai suivi ne peut pas donner la composition du gaz avec exactitude. Je rapporte toutefois ici, mais à titre de simple renseignement, les résultats de trois analyses.

Expérience n° 9.

La charge se compose de 3 rasses charbon, 1 rasse bois vert et 20 kil. coke, 9 conges $\frac{1}{2}$ minerais. On portait la nouvelle charge depuis 18 heures quand l'expérience a été commencée. La flamme du gueulard est trouble et un peu rougeâtre. Voici les nombres obtenus :

		gr.
Eau		0,345
Acide carbonique		0,712
Produits de la combustion.	Eau	0,183
	Acide carbonique	1,026
		lit.
Volume de l'eau écoulée		1,737
Gaz azote sec, ramené à zéro et à 0m,760.		1,470

Ces nombres donnent :

Vapeur d'eau.	0,154
Acide carbonique.	0,128
Hydrogène carboné.	0,041
Oxyde de carbone.*.	0,148
Azote.	0,529
	1,000
Pression au manomètre.	0m,030
Température du vent.	195°

Expérience n° 10.

La charge est composée de la même manière que dans l'analyse précédente. La coulée du matin avait donné de la fonte truitée. La flamme du gueulard conserve la même couleur. L'opération a duré 1 heure ½ et a donné :

		gr.
Eau.		0,290
Acide carbonique.		0,598
Produits de la combustion.	Eau.	0,186
	Acide carbonique. . . .	0,932
		lit.
Volume de l'eau écoulée.		1,559
Gaz azote, ramené a zéro et à 0m,760. .		1,301

On tire de là :

Vapeur d'eau.	0,148
Acide carbonique.	0,123
Hydrogène carboné.	0,048
Oxyde de earbone.	0,147
Azote.	0,534
	1,000
Pression au manomètre.	0m,036
Température du vent.	185°

Expérience n° 11.

La coulée du jour où a été faite l'expérience n° 10 ayant donné de la fonte blanche, on a di-

minué 1 conge de mine. On portait cette charge depuis 27 heures lorsque l'expérience a été faite. Elle a donné :

		gr.
Eau.		0,460
Acide carbonique.		0,803
Produits de la combustion.	Eau.	0,265
	Acide carbonique.	1,460
		lit.
Volume de l'eau écoulée.		2,302
Gaz azote sec, ramené à zéro et à 0m,760.		1,937

D'où :

Vapeur d'eau.	0,155
Acide carbonique.	0,111
Hydrogène carboné.	0,046
Oxyde de carbone.	0,158
Azote.	0,530
	1,000
Pression au manomètre.	0m,015
Température du vent.	195°

Si l'on compare les résultats de ces trois analyses entre eux et avec ceux des analyses précédentes, on voit que la proportion de vapeur d'eau a très-notablement augmenté, de même que celle des principes hydrogénés combustibles. L'analyse n° 11 présente, relativement aux deux autres, un excès notable de principes combustibles. Ce résultat doit être attribué à la diminution dans la portée de minerai qui était réduite à 8 conges $\frac{1}{2}$. En effet, si l'on calcule, pour chaque composition de charge, la quantité de minerai fondue par 1 de carbone pur, on trouve, en admettant que le charbon de meule renferme 8 p. o/o d'eau et 89 p. o/o de carbone, que le bois soit équivalent à 37 p. o/o de carbone et le coke à 90 p. o/o, les nombres suivants :

1° Dans le roulement au charbon de bois à 10 conges de minerai par charge, 1 de carbone fond 3,70 minerais;

2° Dans le roulement au coke et au bois à 9 conges ½ de minerai par charge, 1 de carbone fond 3,61 minerais;

3° En ne portant que 8 conges ½, 1 de carbone fond 3,20 de minerais.

Dans ce dernier roulement, les gaz doivent donc renfermer moins d'oxygène combiné que dans les deux autres.

Toutes les analyses que je viens de rapporter ont été faites sur les gaz à leur sortie du haut-fourneau. Une seule analyse a été entreprise sur des gaz provenant de la profondeur de 3 mètres au-dessous du gueulard, au moyen d'un tube en cuivre, formé de trois parties vissées les unes aux autres et qui plongeait de cette hauteur dans le fourneau. Elle a donné pour résultat :

Vapeur d'eau.	0,078
Acide carbonique.	0,164
Hydrogène carboné.	0,045
Oxyde de carbone.	0,119
Azote.	0,594
	1,000

Cette analyse n'a pas été répétée, parce que la partie inférieure du tuyau en cuivre s'est détachée. Elle a été faite au moment où le fourneau roulait au charbon seul. La grande quantité de vapeur d'eau que contiennent les gaz à cette profondeur dans le fourneau tient probablement à ce que les mines en grains criblent à travers les charbons jusqu'à une certaine distance du gueulard. On voit aussi s'accroître beaucoup la proportion d'acide carbonique. Mais ces faits sont trop remar-

quables pour qu'il ne soit pas nécessaire de les confirmer par de nouvelles expériences.

Avant de déduire des résultats obtenus la valeur calorifique des gaz du haut-fourneau de Clerval, je ferai remarquer qu'on peut vérifier jusqu'à un certain point l'exactitude de leur composition, à l'aide des données que j'ai inscrites plus haut sur le roulement du fourneau. Si nous prenons, en effet, la composition moyenne des gaz, lorsque le fourneau avait son allure normale au charbon de bois, en la déduisant des analyses n°s 1, 2, 3, et 4, on trouve que 1 litre renferme :

	lit.		gr.
Vapeur d'eau.	0,117	pesant	0,0944
Acide carbonique. . .	0,125		0,2475
Hydrogène carboné. .	0,036		0,0260
Oxyde de carbone. . .	0,156		0,1961
Azote.	0,566		0,7171
	1,000		1,2811

Ainsi 1 litre de gaz du fourneau, ramené à la température zéro et à la pression $0^{m},760$, pèse $1^{gr},2811$, et sa densité, rapportée à celle de l'air serait 0,994. Les $1^{gr},2811$ renferment, abstraction faite de l'eau :

	gr.
Carbone.	0,1722
Hydrogène.	0,0065
Oxygène.	0,2909
Azote.	0,7171

L'azote provient tout entier de l'air injecté dans le fourneau ; dans la quantité de carbone figure le carbone contenu dans l'acide carbonique de la castine. L'oxygène renferme, outre celui qui correspond à l'azote dans l'air atmosphérique, l'oxygène cédé par les minerais et celui que contient l'acide carbonique de la castine. Or, d'après les

analyses de charbon données plus haut, on peut admettre que le charbon de meule contient 8 p. o/o d'eau en moyenne, et le charbon desséché 89 p. o/o de carbone; en partant de cette donnée et de la composition du lit de fusion indiquée au commencement de ce mémoire, on trouve que le carbone contenu dans la castine et dans le minerai calcaire forme les 7 p. o/o du carbone total. En faisant cette correction, on aura :

Carbone du charbon de meule. .	0,1603
Oxygène du vent et des minerais. .	0,2600

La quantité d'oxygène des minerais, correspondante à 0,1603 de carbone dans le lit de fusion, est de 0,070, en supposant que l'oxyde de fer soit complétement réduit. On a donc : Oxygène du vent, $0^{gr},190$, qui correspond à $0^{gr},661$ d'azote, au lieu de $0^{gr},717$, trouvé directement. Cette différence tient probablement à ce que l'hydrogène se trouve en partie dans les gaz à l'état de liberté, ce qui augmenterait la proportion d'oxyde de carbone et par conséquent celle de l'oxygène. En effet, si nous supposons que tout l'hydrogène se trouve à l'état de liberté dans les gaz, il faudra transformer le carbone en oxyde. Or, $0^{gr},026$ d'hydrogène carboné contiennent 0,0199 de carbone, qui prennent $0^{gr}.026$ d'oxygène pour passer à l'état d'oxyde de carbone. La proportion d'oxygène combiné dans le gaz serait donc augmentée de $0^{gr},026$, ce qui correspond à $0^{gr},081$ d'azote en plus. On trouverait alors $0^{gr},742$ d'azote au lieu de $0^{gr},717$.

La proportion d'hydrogène contenue dans les gaz est à peu près les $\frac{4}{100}$ du poids du carbone, et par conséquent un peu plus considérable que celle

renfermée dans le charbon de meule. Il y a donc eu une petite quantité de vapeur d'eau décomposée.

On peut déduire très-exactement le volume de l'air qui traverse le fourneau du rapport qui existe entre le poids du carbone et celui de l'azote contenu dans les gaz, lorsqu'on connaît la quantité de carbone introduite dans un temps donné. Comme on passe moyennement 16 charges en 12 heures, et que chaque charge renferme 116 kil. de charbon, contenant eux-mêmes 95 kil. de carbone, il en résulte que l'on brûle en 12 heures 1520 kil. de carbone; le fourneau a donc reçu dans le même temps 6810 kil. d'azote, nombre qui correspond au passage de $9^{m.c.},44$, ou 255 pieds cubes d'air, ramené à zéro par minute.

Ce résultat permettra de calculer la proportion d'air perdue par la tuyère ou par la tympe, en comparant le nombre $9^{m.c.},44$ avec celui qui représente le volume d'air lancé par la buse, et qui est donné par la formule de M. d'Aubuisson :

$$q = 289 d^2 \sqrt{\frac{h(1+0,004t)}{b+h.}}$$

En y substituant les nombres qui correspondent à l'allure moyenne du fourneau :

$$t = 200^{\circ} \quad h = 0,030 \quad b = 0,76 \quad d = 0,072$$

On aura le volume de l'air lancé par seconde à la température de 200° et par minute :

$$60q. = 23^{m.c.},53,$$

qui, ramenés à zéro et à la pression $0^{m},760$, représentent un volume de $13^{m.c.},6$. On peut donc en conclure que $\frac{1}{3}$ environ de l'air lancé par la buse n'entre pas dans le haut-fourneau.

Il est facile de calculer quel est le volume des gaz qui sort par minute du haut-fourneau. On a trouvé tout à l'heure que 9$^{m.c.}$,44 représentait le volume de l'air introduit dans le haut-fourneau. Tout l'azote qu'il contient se retrouve dans les gaz du gueulard. On aura donc le volume de ceux-ci au moyen de la proportion :

$$56,6 : 79 :: 9,44 : x \quad x = 13^{m.c.},20.$$

Or 1 lit. du gaz pèse 1$^{gr.}$,2811, les 13$^{m.c.}$,20 pèsent donc	16$^{kil.}$,92
Et comme les 9$^{m.c.}$,44 ne pèsent que.	12,26
La différence.	4,66

représente le poids des substances volatiles expulsées par minute par le gueulard. En cherchant à déduire le même nombre de la proportion des principes volatils du lit de fusion, on trouve 5$^{k.}$,06. Cette différence provient probablement d'une certaine quantité d'oxygène qui reste dans le laitier et du carbone qui reste fixé dans la fonte.

DÉTERMINATION DE LA CHALEUR DE COMBUSTION.

Pour déterminer la quantité de chaleur et la température que peut donner la combustion des gaz du haut-fourneau, je prendrai les résultats des expériences faites par M. Dulong sur la combustion des différents gaz, et dont il est fait mention dans les comptes rendus de l'Académie des sciences (1838, 2e semestre, page 874). En prenant pour unité la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° un gramme d'eau liquide, M. Dulong a trouvé que :

1 litre d'hydrogène donne en brûlant. . .	3.106 unités.
1 *id.* de vapeur de carbone.	7.858
1 *id.* d'hydrogène protocarboné ($H^2 C \frac{1}{2}$)	9.587
1 *id.* d'oxyde de carbone. . . . ($C \frac{1}{2} O \frac{1}{2}$)	3.130

On sait que 1 litre d'hydrogène protocarboné exige pour sa combustion complète 2 litres d'oxygène; 1 litre d'oxyde de carbone prend $\frac{1}{2}$ litre d'oxygène. En prenant pour composition moyenne des gaz celle que j'ai rapportée plus haut, on trouvera facilement que 1 litre de ce gaz doit donner en brûlant 833,4 unités de chaleur, en consommant $0^{l.},150$ d'oxygène ou $0^{l.},713$ d'air atmosphérique.

Le volume des gaz qui se dégagent du gueulard dans 1 minute étant de $13^{m.c.},20$ ramené à zéro et sous la pression $0^{m},760$, la quantité de chaleur dégagée dans le même temps sera 11.000,880 ou $11001^{c.}$, en prenant pour unité de chaleur celle qui élèverait de 1° la température de 1 kil. d'eau liquide, et par heure 660.060 calories (1).

Le volume de l'air nécessaire pour brûler complétement les gaz sera $13^{m.c.},2 \times 0,713 = 9^{m.c.},410$; c'est-à-dire un nombre à très-peu près égal à celui qui représente le volume de l'air introduit dans le fourneau, ramené à zéro et à la pression de $0^{m},760$.

Pour avoir le rapport entre la quantité de chaleur développée par la combustion du gaz et celle que peut produire le combustible employé, on fera le calcul suivant : 1 litre de gaz du haut-fourneau renferme $0^{gr.},1722$ ou $0^{litre},1585$ de vapeur de carbone dont il faut retrancher 7 p. 0/0 pour le carbone provenant de la castine. Il reste $0^{l},1474$, dont la combustion doit développer, d'après M. Dulong, 1158,3 unités de chaleur. Il faut ajouter à

(1) En admettant que, dans les machines à vapeur, on consomme 25.000 calories par force de cheval et par heure, on trouve que la flamme du haut-fourneau de Clerval peut produire une force de 26,4 chevaux-vapeur, résultat presque identique avec celui trouvé par M. Robin pour le haut-fourneau de Niederbronn.

ce nombre l'effet calorifique dû à l'hydrogène que renferme le charbon de meule. Pour y parvenir, je ferai remarquer que, dans les analyses que j'ai données plus haut, la proportion d'hydrogène, en en défalquant celle qui correspond à l'oxygène contenu, est moyennement les 2,3 p. o/o de la quantité de carbone. Nous avons vu que la proportion de carbone contenu dans 1 litre de gaz est 0,1603. L'hydrogène correspondant est donc $0^{gr.},0037 = 0^{l},041$, dont la combustion doit développer 127 unités de chaleur. La valeur calorifique du combustible introduit dans le fourneau et correspondante à 1 litre de gaz serait donc 1285,3, et comme 1 litre de gaz donne 833 unités de chaleur par la combustion, il en résulte que les gaz peuvent produire les 64,8 p. o/o de la chaleur que représente le combustible employé.

Je n'ai pas tenu compte, dans cette appréciation, de la quantité de chaleur enlevée par les gaz à l'état de calorique sensible. La température des gaz varie très-notablement dans un intervalle de temps assez faible. Aussitôt que la charge est jetée dans le fourneau, on remarque que les gaz, transparents quelques minutes auparavant, deviennent nuageux et troubles. Ce résultat fait croire, au premier aspect, que la quantité de vapeur d'eau est plus considérable au moment de la charge que dans les autres périodes de l'opération. Mais il me semble qu'on doit l'attribuer au refroidissement que le contact du charbon et du minerai fait éprouver au courant de gaz, et qui est tel qu'une partie de la vapeur contenue passe à l'état vésiculaire ou de vapeur visible. Des expériences faites dans le fourneau de Clerval sur la réduction des minerais de fer prouvent qu'ils retiennent encore une quantité

très-notable d'eau après deux heures de séjour dans le fourneau. Ainsi, il est à présumer que les gaz ne renferment pas beaucoup plus d'eau au moment de la charge qu'à toute autre époque. Seulement, la température du courant s'abaisse au point de déterminer, pour un instant, la condensation de cette vapeur (1). On peut donc, sans erreur bien notable, se dispenser de tenir compte de la chaleur sensible enlevée par les gaz au moment où ils sortent du fourneau.

La température maximum que l'on peut atteindre en brûlant les gaz du gueulard, au moyen de l'air atmosphérique, est un élément qu'il est essentiel de connaître. Nous avons dit que 1 litre de gaz consommait, pour sa combustion complète, 0l.,713 d'air. Les 0l.,036 d'hydrogène carboné absorbent 0l.,072 d'oxygène, en produisant 0l.,072 de vapeur d'eau, et 0l.,036 d'acide carbonique; 0l.,156 d'oxyde de carbone consomment 0l.,078 d'oxygène et produisent 0l.,156 d'acide carbonique. On a donc :

Gaz combustible. . .	1 litre.
Air.	0,713
	1,713

qui donnent par leur combustion complète :

		Poids.	Quantité de chaleur que prend le gaz en s'échauffant de 1°.
	lit.	gr.	
Acide carbonique. .	0,317	0,628	0,1387
Vapeur d'eau. . . .	0,189	0,152	0,1292
Azote.	1,129	1,430	0,3938
	1,635	2,210	0,6617

(1) Les gaz renfermant 0,116 de vapeur d'eau, la tension de la vapeur dans le mélange correspond à 0m,088 de mercure. Pour que cette vapeur devienne visible en pas-

Ainsi donc, 1 litre de gaz donne, par sa combustion, $2^{gr},210$ de produit, dont la température ne peut s'élever de 1° qu'au moyen de la quantité de chaleur représentée par 0,6617. La température qui résultera de la combustion sera donc

$$\frac{833,4}{0,6617} = 1.259°$$

Dans cette détermination, j'ai supposé que la température initiale du gaz était zéro. Le nombre obtenu est donc un minimum. En admettant que la température du gaz fût de 100°, et celle de l'air employé à la combustion de 30°, il faudrait ajouter au nombre 833,4 les unités de chaleur que contiennent 1 litre du mélange gazeux à 100° et $0^{l},713$ d'air à 30°, et qui sont respectivement 39 et 7 unités. La température de combustion serait dans ce cas

$$\frac{833,4 + 46}{0,6617} = 1.327°$$

Si l'on alimentait la combustion avec de l'air échauffé à 200°, la température atteindrait

$$\frac{833,4 + 39 + 49}{0,6617} = 1.394°.$$

Tous ces calculs supposent que la chaleur spécifique des gaz reste constante à mesure que leur température s'élève.

J'ai annoncé, au commencement de ce mémoire, que la détermination relative de l'hydrogène et de l'hydrogène carboné dans les gaz

---

sant à l'état vésiculaire, il faut donc que la température du courant s'abaisse au-dessous de 50° C., qui correspond à une tension maximum pour la vapeur d'eau de $0^{m},088$.

n'avait pas d'influence bien sensible sur la valeur calorifique déduite de la composition du gaz. Pour le prouver, reprenons la composition moyenne qui a été adoptée dans les calculs qui précèdent :

Vapeur d'eau.	0,117
Acide carbonique.	0,125
Hydrogène carboné. . . .	0,036
Oxyde de carbone.	0,156
Azote.	0,566
	1,000

Si l'on admet que l'hydrogène se trouve entièrement à l'état de liberté dans le gaz, la composition de celui-ci deviendra :

		Quantité de chaleur développée par la combustion.	Oxygène consommé. Vol.
Vapeur d'eau. . . .	0,109		
Acide carbonique. .	0,116		lit.
Hydrogène.	0,067	207,7	0,0335
Oxyde de carbone. .	0,179	550,3	0,0895
Azote.	0,529		
	1,000	758,0	0,1230

Ainsi, 1 litre de ce gaz développe 558 unités de chaleur par la combustion, en consommant $0^{l},123$ d'oxygène ou $0^{l},586$ d'air. Le volume des gaz dégagés par minute serait donné par la proportion :

$$52,9 : 79 :: 9,44 : x = 14^{m.c.},094.$$

Le nombre des calories dégagées par minute serait donc $14,094 \times 758$ ou 10683, au lieu de 11001 que nous avons trouvé dans la première supposition. Ainsi, on peut conclure que la chaleur réelle, développée par minute par la combustion des gaz, est comprise entre les deux nombres très-rapprochés 10683 et 11001.

Le volume de l'air consommé par minute pour

la combustion ne serait plus, dans la seconde supposition, que 8$^{m.c.}$,258 au lieu de 9$^{m.c.}$,420.

Dans le cas où l'hydrogène se trouverait tout entier à l'état de liberté dans ce gaz, on apprécierait comme il suit la température que peut donner la combustion :

Gaz combustibles.	1 litre.
Air atmosphérique.	0,586
	1,586

dont la combustion complète donnera :

	lit.	gr.	Quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température du gaz.
Acide carbonique.	0,295	0,584	0,129
Vapeur d'eau. . .	0,176	0,142	0,121
Azote.	0,992	1,257	0,345
	1,463	1,983	0,595

La température développée par la combustion serait donc $\frac{758}{0,595} = 1.274°$, nombre très-peu différent de 1.259°, auquel je suis parvenu, en admettant dans les gaz de l'hydrogène carboné. Je ferai remarquer que la chaleur totale dégagée, lorsqu'on suppose que tout l'hydrogène est à l'état d'hydrogène carboné, est un peu plus grande que dans l'autre supposition, tandis que la température maximum est au contraire un peu plus faible. Cela tient à ce que, dans le premier cas, il faut introduire un peu plus d'air que dans le second pour brûler complétement le gaz, de sorte que la chaleur produite se répartit sur une plus grande masse de gaz.

Je ferai observer aussi que la limite extrême de la température développée par la combustion,

diminuera rapidement, toutes choses égales d'ailleurs, lorsque la proportion de vapeur d'eau augmentera, effet qu'on doit attribuer à ce que le calorique spécifique de la vapeur d'eau est plus que triple de celui de l'air et presque quadruple de celui de l'acide carbonique.

Pour faire apprécier cette considération, je supposerai pour un instant que le gaz du haut-fourneau soit complétement dépouillé des 0,117 de vapeur d'eau qu'il renferme. On déterminerait alors comme il suit la température développée par la combustion.

	lit.
Gaz combustibles.	0,883
Air.	0,713

Dont la combustion donnera, ainsi qu'on l'a vu plus haut :

	gr.	Quantité de chaleur que prend le gaz en s'échauffant de 1°.
Acide carbonique.	0,628	0,1387
Vapeur d'eau. . .	0,076	0,0646
Azote.	1,430	0,3938
		0,5971

La température obtenue sera $\frac{833,4}{0,597} = 1.399°$. Nous avons trouvé 1259° par la combustion du même gaz renfermant 0,117 de vapeur d'eau. Ainsi, l'on voit qu'en dépouillant le gaz de vapeur d'eau et en le brûlant à zéro avec de l'air aussi à zéro, on arrivera à obtenir une température aussi élevée qu'en brûlant du gaz à 100° par de l'air à 200°, ce qui donnerait une température de combustion de 1.394°.

Les essais faits par M. Robin ont constaté que

l'on peut conduire les gaz à de grandes distances du gueulard et les brûler sur le sol même des usines, au lieu de placer les appareils près du point où ils se dégagent. On voit par les nombres que je viens de rapporter que, si l'on veut obtenir un haut degré de chaleur par la combustion de ces gaz, surtout de ceux qui proviennent de fourneaux alimentés avec du bois, il sera nécessaire de les conduire, avant de les brûler, dans de vastes réservoirs où pourra se condenser la majeure partie de la vapeur d'eau qu'ils entraînent, et dont la proportion augmente rapidement à mesure qu'on remplace le charbon par du bois en nature.

RÉSUMÉ.

Les résultats obtenus dans la seconde partie de ce mémoire peuvent se résumer ainsi qu'il suit:

1° Pour un fourneau, comme celui de Clerval, qui produit 3.000 kilog. de fonte de sablerie en 24 heures et qui consomme 122 de charbon p. 0/0 de fonte, la quantité de chaleur dégagée par minute par la combustion du gaz est de 11.000 calories, qui équivalent à 26 chevaux-vapeur;

2° On trouve facilement, d'après le calorique spécifique de l'air, la quantité de chaleur nécessaire pour porter à 300° le volume d'air ramené à zéro qui sort par minute de la buse, et qui a été évalué plus haut à 13$^{m.c.}$,6. Le nombre qu'on obtient est égal à 1410 calories, et représente les 0,128 de la chaleur totale. Celle-ci suffit donc, et au delà, pour chauffer l'air, et pour fournir la vapeur nécessaire à la mise en mouvement de la machine soufflante, force évaluée à 7 ou 8 chevaux-vapeur;

3° Si l'on veut appliquer la chaleur du gueulard

à la dessiccation du bois, en faisant traverser le combustible par les gaz brûlés, on trouve, en supposant que la vapeur d'eau et les gaz sortent ensemble des séchoirs à la température de 100°, que la quantité d'eau expulsée par minute serait de 15k.,5, quantité correspondante à 62 kil. de bois vert. La chaleur totale serait suffisante pour la dessication du bois consommé dans 10 hauts-fourneaux au moins;

4° La température de la fusion de la fonte étant évaluée à 1200°, on arrivera à la produire par la combustion du gaz, puisque, dans le cas le plus défavorable, la température du mélange gazeux atteint 1259°, et qu'elle peut s'élever jusqu'à 1394°, par l'emploi de l'air chauffé à 200°, les gaz ayant au moins une température de 100°.

Les gaz, complétement secs à la température zéro et brûlés par de l'air à zéro, donneront une température de 1399°.

Les mêmes gaz à zéro, brûlés par de l'air chauffé à 300°, donneront une température de 1502°.

5° Dans tous les cas, le volume de l'air nécessaire pour la combustion du gaz doit être peu différent de celui introduit dans le fourneau, et qu'on peut évaluer approximativement aux $\frac{2}{3}$ ou aux $\frac{3}{4}$ de celui lancé par la buse. On peut admettre qu'il faudra ordinairement 9m.c. d'air par minute pour brûler les gaz d'un haut-fourneau, produisant 3.000 kilogr. de fonte par 24 heures, ou 3 mètres cubes par 1.000 kilogr. de fonte produite en un jour.

ESSAI

Sur la réduction des minerais de fer dans les hauts-fourneaux;

Par M. EBELMEN, Ingénieur des Mines.

Les analyses des gaz du haut-fourneau de Clerval, dont je viens de donner les résultats dans le précédent mémoire, ont été suivies, dans cette usine, de quelques expériences sur la réduction des minerais de fer. J'ai pensé qu'il y aurait quelque intérêt à suivre les minerais au fur et à mesure qu'ils descendent dans le haut-fourneau, afin d'apprécier de quelle façon s'opère la transformation de l'hydrate de peroxyde de fer en fer carburé, et quelle influence peut avoir, sur cette réduction, la nature des substances terreuses associées à la matière métallique.

L'appareil qui m'a permis de descendre les minerais dans le haut-fourneau à d'assez grandes profondeurs au-dessous du gueulard était de même nature que celui dont je m'étais servi pour cet usage dans des expériences faites en décembre 1837 au fourneau de Vellexon, et qui sont décrites au tome XIV des *Annales des mines*. Il consiste simplement en une cloche en tôle forte, dont la forme est celle d'un cône tronqué, et qui est terminée à sa partie supérieure par un anneau, tandis que sa base se ferme au moyen d'un disque maintenu par deux clavettes. La cloche et le disque sont percés d'un grand nombre de trous destinés à mettre les matières qu'elle contient en communication avec le courant de gaz extérieur.

L'appareil était placé à l'extrémité d'une chaîne très-forte qui passait sur la gorge d'une poulie en fer maintenue à 2 mètres environ au-dessus du gueulard. Des repères en fil de fer fixés de distance en distance aux anneaux de la chaîne permettaient d'apprécier, à un instant déterminé, la profondeur à laquelle la cloche se trouvait dans le fourneau. Pour la retirer, on employait un ringard dont le bout était engagé dans un des anneaux de la chaîne, et sur l'autre extrémité duquel on appuyait, comme sur un levier, pour soulever l'appareil. Je ferai remarquer que l'on doit considérer comme un *maximum* la distance du gueulard déduite de la longueur de chaîne qui se trouve engagée dans le fourneau, bien qu'on ait pris toutes les précautions pour maintenir la chaîne verticale.

Les produits de ces expériences ont été enfermés encore chauds dans des flacons bien bouchés, jusqu'au moment où ils ont été examinés au laboratoire.

Les renseignements, que j'ai donnés plus haut sur les dimensions et l'allure du haut-fourneau, me dispensent d'entrer dans de nouveaux détails à ce sujet. Le haut-fourneau ne consommait que du charbon de meule pendant toute la durée des expériences.

Les matières qui ont été descendues dans la cloche, puis retirées du fourneau, sont les suivantes :

1° Des charbons de meule. Ils renferment de 12 à 17 p. 0/0 de substances volatiles, indépendamment de l'eau hygrométrique.

2° Le minerai calcaire de Laissey (Doubs). On a vu plus haut qu'on en portait une forte proportion

dans le lit de fusion. Ce minerai provient d'une couche exploitée par galeries à la partie inférieure des calcaires du premier étage jurassique. Il se compose de petits grains oolithiques d'hydroxyde de fer, disséminés dans une pâte argilo-calcaire. On le concasse en morceaux de la grosseur d'une noix, dont la richesse n'est pas constante, ce qui tient à l'irrégularité de composition de la couche exploitée. Quelques fragments pris au hasard sur le tas de minerai m'ont donné les nombres suivants :

Eau.	0,100		
Carbonate de chaux.	0,368		
Carbonate de magnésie. . . .	trace.		
Peroxyde de fer.	0,362		
Oxyde de manganèse.	0,004		
Oxyde de chrôme.	trace.		
Alumine soluble.	0,030	Silice. . .	0,126
Silice gélatineuse	0,038		
Résidu insoluble. { Silice. . .	0,088	Alumine.	0,036
Résidu insoluble. { Alumine .	0,006		
	0,996		

Le résidu, insoluble dans les acides et la potasse caustique, se compose de grains de quartz hyalin faciles à reconnaître à la loupe, et mêlés avec une petite proportion d'argile très-blanche et très-légère.

Le minerai de Laissey renferme en outre une petite quantité d'acide phosphorique qui n'a pas été dosée. On y trouve aussi çà et là quelques grains de pyrite de fer.

3° Le minerai de La Chapelle Saint-Quillain (Haute-Saône). Ce minerai est en grains bien ronds dont la grosseur ne dépasse pas celle d'un pois. Sa poussière est d'un jaune brun; elle ne renferme pas de grains magnétiques. Il contient :

Eau		0,150		
Peroxyde de fer		0,596		
Oxyde de manganèse		0,004		
Oxyde de chrôme		trace.		
Alumine soluble		0,060	Alumine	0,072
Silice gélatineuse		0,056		
Résidu insoluble.	Silice	0,122	Silice	0,178
	Alumine	0,012		
		1,000		0,250

4° Les scories d'affinage sur lesquelles j'ai expérimenté sont des scories riches dites *sornes*, qui se produisent à la fin de l'opération. Elles sont mal fondues et remplies de soufflures. Les acides les attaquent avec facilité et en dégagent une certaine quantité d'hydrogène. L'analyse suivante se rapporte à la poussière qui provient de la pulvérisation et du tamisage d'une masse assez considérable de ces scories :

Fer métallique	0,014
Protoxyde de fer	0,841
Protoxyde de manganèse	0,007
Oxyde de chrôme	0,008
Alumine	0;002
Chaux	trace.
Silice gélatineuse	0,086
Sable quartzeux	0;018
Charbon et perte	0,024
	1,000

La présence de l'oxyde de chrôme en quantité aussi notable dans ces scories est un fait assez remarquable, et qui prouve que la fonte de Clerval renferme une certaine proportion de chrôme, métal que l'on rencontre à la vérité, mais en quantité

très-petite, dans tous les minerais qu'on y emploie (1).

Mode d'analyse. Les minerais retirés du haut-fourneau renferment du peroxyde et du protoxyde de fer, et du fer métallique. Pour en déterminer la proportion relative, j'ai employé les moyens suivants.

DÉTERMINATION DU FER MÉTALLIQUE.

Le procédé qui m'a paru le plus commode et le plus certain pour doser le fer métallique, consiste à en apprécier la quantité d'après le poids de l'hydrogène dégagé par l'action de l'acide hydrochlorique sur la substance essayée. Pour obtenir l'hydrogène avec une précision suffisante, voici quel a été l'appareil employé (Voir *Pl. XI, fig.* 2).

On place la matière à essayer au fond d'un petit ballon à fond plat *a*, de 2 à 3 onces, dont le col soit assez large pour qu'on puisse percer de deux trous le bouchon qu'on y adapte. Un de ces trous sert au passage d'un tube d'un petit diamètre, très-effilé à son extrémité inférieure et disposé en entonnoir à l'autre extrémité. L'autre reçoit un tube deux fois recourbé, dont la longue branche arrive dans le flacon *b* rempli de fragments de potasse caustique. Le gaz passe ensuite, au moyen d'un tube recourbé et d'un tuyau en caoutchouc, dans l'appareil *c* rempli de fragments de chlorure de calcium, puis traverse un tube en verre vert *e* rempli d'oxyde de cuivre et placé sur un petit fourneau en tôle à peu près semblable à ceux dont on se sert pour les analyses organiques,

(1) On sait que le vanadium, métal dont l'analogie avec le chrôme est si grande, a été rencontré pour la première fois dans des scories d'affinage.

mais qui peut n'avoir que $0^m,25$ à $0^m,30$ de longueur. L'eau qui résulte de la combustion du gaz hydrogène par l'oxyde de cuivre vient se condenser dans l'appareil *f* qui contient du chlorure de calcium, et qui a été exactement taré avant l'expérience.

L'oxyde de cuivre, dont le tube a été rempli, est un mélange de planures grillées et de l'oxyde en petites masses assez volumineuses qui provient de la calcination du nitrate. Ce mélange présente l'avantage de n'opposer aucune résistance au passage du gaz. La combustion complète de celui-ci est d'ailleurs si facile qu'il n'est pas nécessaire de faire rougir le tube, et que l'on ne trouve du cuivre métallique que dans sa partie antérieure.

Avant de verser l'acide hydrochlorique sur la matière et d'adapter le tube taré *f*, on commence par chauffer le tube à oxyde de cuivre, puis on aspire par son extrémité postérieure. L'air entre par le tube entonnoir, se dessèche en traversant le petit flacon à potasse et le tube à chlorure de calcium, passe ensuite dans le tube à combustion, et entraîne avec lui toute l'eau hygrométrique de l'oxyde de cuivre; après quelques minutes d'aspiration, on ajuste le tube taré *f*, et l'on verse l'acide avec précaution par le tube entonnoir. On peut se dispenser de faire plonger l'extrémité effilée de ce tube dans la liqueur. La capillarité y retient une petite quantité de liquide qui suffit pour empêcher le gaz de s'échapper. Le flacon *b* retient tout l'acide entraîné par le gaz, et les dernières parties de vapeur d'eau s'arrêtent dans le tube à chlorure. Lorsqu'on s'aperçoit que, malgré l'addition d'une nouvelle dose d'acide et l'action de la chaleur, il ne se dégage plus de gaz, on aspire doucement

par l'extrémité du tube *f*. L'air qui entre par le tube entonnoir chasse le gaz hydrogène et le force à traverser la colonne d'oxyde de cuivre. Après 8 ou 10 minutes d'aspiration, on peut être certain qu'il ne reste plus que de l'air dans tout l'appareil. L'excédant de poids du tube *f* sert à calculer la proportion de fer métallique.

Un atome d'eau, $H^2O = 112,43$, correspond à 1 atome de fer $= 339,2$.

Un gramme d'eau équivaudra à 3gr.,017 de fer métallique.

Dans la plupart des analyses de matières contenant du fer à l'état métallique, j'ai fait deux expériences consécutives qui m'ont toujours donné des résultats bien concordants, ainsi qu'on pourra en juger d'après les nombres obtenus.

Quand on essaye des matières dont l'attaque par l'acide hydrochlorique se fait aisément sans qu'il soit nécessaire de le faire bouillir, on peut supprimer le petit flacon rempli de potasse, en intercalant quelques fragments de cette substance au milieu du tube à chlorure de calcium; mais si l'on était obligé de faire bouillir l'acide, il pourrait arriver que le tube à chlorure s'obstruât par suite du gonflement que fait éprouver à la potasse sa combinaison avec l'acide hydrochlorique. Il est nécessaire d'ailleurs que le gaz soit bien dépouillé d'acide, puisque celui-ci produirait, en réagissant sur l'oxyde de cuivre, une quantité d'eau correspondante à l'hydrogène qu'il renferme.

Il peut arriver aussi, surtout lorsque l'attaque par l'acide hydrochlorique se fait avec quelque difficulté, et qu'ainsi le courant de gaz est lent, qu'il se dépose une petite quantité d'eau provenant de la combustion de l'hydrogène, dans la partie du

tube *c* qui touche au tube à combustion. On pare très-facilement à cet inconvénient, en intercalant entre les deux tubes un très-petit appareil *d* contenant du chlorure de calcium, qui communique avec le tube à combustion par un bouchon et avec le tube *c* par un tuyau en caoutchouc. Au lieu de tarer l'appareil *f* seul avant l'opération, on tare à la fois les deux tubes *f* et *d*. La vapeur d'eau qui pourrait être refoulée en arrière, soit par le refroidissement du ballon, soit par toute autre cause, est retenue d'une manière complète dans l'appareil *d*.

Avec un peu d'habitude, on parviendra, je crois, à exécuter l'opération que je viens de décrire avec toute la précision désirable. On peut facilement, dans un jour de travail, effectuer deux essais de ce genre. L'appareil une fois monté peut servir à plusieurs opérations successives, en remplaçant toutefois, pour chacune d'elles, le tube taré qui sert à la détermination du fer métallique.

DÉTERMINATION DES DEUX OXYDES DE FER.

J'ai suivi, pour doser les deux oxydes de fer, le procédé général d'analyse que j'ai décrit au tome XVI des Annales, page 155, et qui consiste à déterminer la quantité d'oxygène absorbée par le mélange des deux oxydes pour leur transformation complète en peroxyde. La proportion d'oxygène absorbée a été dosée, dans chaque analyse, de deux manières différentes :

La première consistait à ajouter à la dissolution hydrochlorique des deux oxydes une quantité déterminée d'oxyde de manganèse, en recevant le chlore dégagé dans une dissolution d'acide sulfureux.

La deuxième méthode consiste à ajouter à la dissolution des deux oxydes de fer un mélange d'oxyde de manganèse et de soufre, en opérant comme s'il s'agissait d'essayer le minerai de manganèse lui-même. Une partie de l'oxygène abandonné par le peroxyde de manganèse sert à peroxyder la totalité du fer; l'excès d'oxygène se combine au soufre et forme de l'acide sulfurique qu'on dose à l'aide du chlorure de barium.

Pour écarter toutes les causes d'erreur, l'exécution de chacun de ces deux procédés exige quelques précautions. Il ne sera peut-être pas sans utilité de faire connaître ici celles que j'ai employées dans les essais dont on verra plus bas les résultats.

1° *Emploi de l'acide sulfureux.* — L'acide sulfureux dont on se sert doit être complétement dépouillé d'acide sulfurique. Pour satisfaire à cette condition, sans être obligé de préparer pour chaque opération la quantité d'acide dont on a besoin, ce qui serait fort incommode, on peut, comme je l'ai déjà indiqué, conserver la dissolution de gaz sulfureux mêlée de chlorure de barium, qui précipite l'acide sulfurique au fur et à mesure de sa formation; mais on parviendra à un résultat plus certain en faisant arriver, dans la liqueur qui reçoit le chlore, le gaz dégagé par la chaleur d'une solution concentrée, soit ancienne, soit récente, d'acide sulfureux.

Cela posé, voici comme on opère : on prend un ballon à fond plat de 3 à 4 décilitres de capacité, à col très-large. On le remplit à moitié environ d'eau distillée, qu'on fait bouillir pour chasser complétement l'air qu'elle renferme. Après quelques minutes d'ébullition, on fait ar-

river dans le ballon un courant d'acide carbonique provenant d'un flacon à deux tubulures, muni d'un entonnoir destiné à verser de l'acide hydrochlorique, et d'un tube deux fois recourbé qui sert à la sortie du gaz. L'acide carbonique chasse l'air du ballon en vertu de sa plus grande densité. Quand on pense que le ballon est rempli d'acide carbonique à peu près pur, on place dans un très-petit ballon à fond plat la quantité de minerai sur laquelle on opère, 2 à 3 grammes ordinairement. On verse par-dessus une quantité convenable d'acide hydrochlorique pur et concentré; on ajuste un tube deux fois recourbé, et l'on pousse rapidement la liqueur à l'ébullition. La dissolution s'opère complétement dans peu de temps, et les vapeurs d'acide chassent tout l'air du petit ballon. Après quelques minutes d'ébullition, on enlève le feu, et l'on place le petit ballon de manière que l'extrémité du tube recourbé plonge dans le ballon rempli d'acide carbonique. Au moyen de cette précaution, le gaz qui rentre dans le petit ballon après la condensation de la vapeur est de l'acide carbonique presque pur, et l'on peut laisser refroidir la dissolution ferreuse sans craindre qu'elle se suroxyde par le contact de l'air. Lorsque le refroidissement est complet, ce qui exige peu de temps, en raison du faible volume de la liqueur, on enlève le petit ballon, et l'on fait arriver dans l'eau, par un tube deux fois recourbé, le gaz sulfureux provenant d'une solution concentrée que l'on chauffe progressivement. On continue toujours, et pendant toute la durée de l'opération, de faire dégager du gaz carbonique. Quand

le gaz qui sort du ballon où plongent les deux tubes exhale l'odeur de l'acide sulfureux, on débouche le petit ballon qui renferme la solution des deux oxydes de fer, et on y verse une certaine quantité d'oxyde de manganèse pesée exactement. On ajoute par-dessus une nouvelle dose d'acide, puis on remet en place le tube recourbé qu'on fait plonger alors dans l'eau qui reçoit en même temps le courant de gaz acide carbonique et celui de gaz sulfureux. La quantité de chlore qui se dégage d'abord est très-faible, jusqu'à ce que la totalité du fer soit peroxydée. Au reste, on peut faire marcher l'opération aussi rapidement que l'on veut. L'absorption du chlore est toujours complète, pourvu qu'il y ait excès d'acide sulfureux dans le ballon central. Les deux gaz réagissent l'un sur l'autre volume à volume ($SO^2+2Cl+H^2O$), et il est facile de régler leur dégagement, en conservant toujours un excès d'acide sulfureux, ce dont on s'aperçoit d'ailleurs à l'odeur du gaz acide carbonique qui sort du flacon. A la fin de l'opération, quand la liqueur ferrugineuse perd la teinte brune qu'elle doit au peroxyde de manganèse, on fait bouillir la dissolution avec vivacité pour chasser tout le chlore. Pour éviter l'absorption, il faut alors soulever le tube recourbé, de telle sorte qu'il ne plonge plus dans la liqueur. Cela ne nuit en rien au succès de l'opération, puisque le chlore se trouve mêlé à une atmosphère d'acide sulfureux humide sur laquelle il agit comme sur la solution aqueuse.

Lorsque la réaction est terminée, on enlève les trois tubes, on ajoute à la liqueur un excès de chlorure de barium, puis on la fait bouillir rapi-

dement pour chasser l'excès de gaz sulfureux. Il convient de placer sur le ballon un tube recourbé en forme de Λ afin d'éviter l'accès de l'air, etc. Le sulfate de baryte obtenu donne le moyen de calculer la proportion de protoxyde de fer que renferme la matière essayée.

Le procédé dont je viens de donner la description détaillée paraîtra peut-être un peu compliqué, mais il ne présente réellement pas de difficultés dans l'exécution, et l'on peut réussir à la première opération comme avec une longue habitude. Il faut avoir soin de placer les ballons qui renferment l'acide sulfureux liquide, la dissolution ferreuse, et celui où s'opère la réaction, sur trois fourneaux recouverts chacun d'une grille en fil de fer. Il convient aussi de fermer le ballon central avec un bouchon percé de trois orifices pour donner passage aux trois tubes, en les laissant toutefois un peu plus larges que ceux-ci, afin que le maniement des appareils soit commode, et que l'excès de gaz puisse se dégager facilement.

Lorsque la substance essayée s'attaque aisément par l'acide hydrochlorique, on peut se dispenser de la dissoudre avant d'ajouter l'oxyde de manganèse, et se contenter de verser l'acide sur un mélange des deux matières; mais, en opérant ainsi, on pourrait craindre, dans quelques cas, que la totalité de l'oxyde de manganèse ne fût dissoute avant la substance ferreuse, et qu'ainsi une portion du protoxyde de fer n'échappât à la suroxydation.

Avant de commencer les essais, j'ai dû rechercher la proportion de sulfate de baryte que donne le minerai de manganèse dont je me suis servi. C'est un peroxyde anhydre en fibres cristallines, probablement du manganèse de Cretnick.

I. 1 gramme, essayé avec les précautions indiquées plus haut, a donné, sulfate de baryte.	gramme. 2,325
II. 1,gr.360 du même ont donné, sulfate de baryte.	3,168
Sur 1 gramme.	2,329
III. 0gr.,483, ont donné, sulfate de baryte. . .	1,130
Sur 1 gramme.	2,339
Moyenne des trois essais, sur 1 gramme. . .	2,331

La différence entre le sulfate de baryte obtenu dans un essai, et celui qu'aurait donné l'oxyde de manganèse essayé seul, permet de calculer le protoxyde de fer. Une différence de 1 gramme correspond à 0gr.,602 de protoxyde de fer.

Quant à l'erreur que l'on peut commettre dans ce dosage, on voit que, pour chacun des essais rapportés ci-dessus, le poids du sulfate de baryte obtenu diffère de la moyenne de moins de 0gr.,01. Si donc on opère sur deux grammes de matière ferrugineuse, la limite de l'erreur sur la détermination du protoxyde de fer sera de 0,3 p. 0/0.

2° *Emploi du soufre.* Ce procédé diffère du précédent, en ce que l'excès de chlore résultant de l'action de l'acide hydrochlorique sur l'oxyde de manganèse est absorbé dans le vase même où s'est opérée la suroxydation du protoxyde de fer. La quantité d'acide sulfurique produit par la réaction du chlore sur le soufre, comparée à celle que l'oxyde de manganèse aurait donnée seul, permet d'évaluer, comme dans le premier procédé, la proportion de protoxyde de fer contenu dans la substance essayée. Seulement, comme une même quantité de chlore produit trois fois plus d'acide sulfurique avec l'acide sulfureux qu'avec le soufre, il est évident que, pour une différence de 1 gramme sur le sulfate de baryte obtenu, la quantité de protoxyde de fer correspondante sera de :

$$3 \times 0,602 = 1^{gr.},806.$$

Pour exécuter l'opération, on introduit le minerai à essayer dans un ballon à fond plat de douze onces environ. On remplit ce ballon de gaz acide carbonique, puis on y verse une certaine quantité d'acide hydrochlorique pur, et l'on chauffe. Quand la dissolution du minerai est terminée, on remplit le ballon à moitié d'eau bouillante, et l'on y introduit le mélange d'oxyde de manganèse et de soufre, avec une nouvelle dose d'acide hydrochlorique. On ajuste sur le ballon un bouchon muni d'un tube recourbé en forme de Λ, et l'on fait bouillir à gros bouillons jusqu'à dissolution complète de l'oxyde de manganèse. Lorsqu'on n'aperçoit plus de grains noirs avec le soufre, et que la couleur du liquide est celle d'une dissolution de perchlorure de fer, on étend d'eau, on filtre pour séparer le soufre, on évapore à siccité la liqueur filtrée pour séparer la silice qui aurait pu rester en dissolution ; puis, on reprend par l'eau et l'acide hydrochlorique, on filtre de nouveau, et l'on précipite l'acide sulfurique dans la liqueur filtrée au moyen du chlorure de barium.

Cette méthode peut donner de très-bons résultats quand l'oxyde de manganèse est convenablement choisi. Il faut employer autant que possible un oxyde facile à attaquer par l'acide hydrochlorique, quoiqu'on puisse réussir avec d'autres plus compactes et plus difficiles à dissoudre.

Pendant toute la durée de l'opération, on remarque que la vapeur d'eau entraîne une petite proportion de soufre : il se dépose même une certaine quantité de ce corps en particules cristallines, à l'extrémité du tube recourbé par où s'échappe la vapeur. C'est sans doute à cette propriété que possède le

soufre d'être entraîné à l'état de vapeur qu'il convient d'attribuer la réussite de ce procédé que j'ai employé d'abord pour l'analyse des minerais de manganèse. Le chlore se trouve en contact à l'état naissant avec de la vapeur de soufre, un grand excès de vapeur d'eau et des bases salifiables puissantes, et il est facile de concevoir que, sous ces influences réunies, il soit absorbé en totalité. En traitant par l'acide hydrochlorique concentré et froid un mélange d'oxyde de manganèse et de soufre, il se dégage beaucoup de chlore mêlé d'une certaine quantité de chlorure de soufre. D'autre part, j'ai placé dans un tube en verre fort large du verre en fragments saupoudrés de fleur de soufre mouillée. Ce tube long de $0^m,25$ a été placé dans l'eau bouillante. Par une de ses extrémités, j'ai fait arriver à la fois de la vapeur d'eau en grand excès et du chlore; la vapeur qui se dégageait à l'extrémité opposée du tube renfermait beaucoup de chlore, et possédait même une odeur très-distincte de chlorure de soufre. Tous ces faits me paraissent prouver que le soufre n'agit d'une manière complète sur le chlore à l'état naissant qu'en se transformant lui-même en vapeur. Si, à un instant déterminé, la quantité de chlore qui échappe à l'action du soufre solide est plus considérable que celle correspondante au soufre entraîné par la vapeur d'eau, il est évident qu'une certaine portion du chlore pourra se dégager; et c'est ce qui arrive effectivement, quand la dissolution du minerai s'opère trop vite ou dans une liqueur trop acide.

Le minerai de manganèse dont je me suis servi est le minerai de Gy (Haute-Saône), dont on trouvera l'analyse dans les *Annales des Mines*, t. XIV,

page 283. On en a trié une certaine quantité pour séparer une partie du calcaire qu'il renferme.

	grammes.
3 grammes de ce minerai trié, traités avec 5 gr. de fleur de soufre, lavée à l'eau bouillante, ont donné, sulfate de baryte.	0,85
Sur 1 gramme.	0,283
6 grammes du même minerai ont donné, sulfate de baryte.	1,69
Sur 1 gramme.	0,282
9 grammes du même minerai ont donné, sulfate de baryte.	2,56
Sur 1 gramme.	0,284
Moyenne, sur 1 gramme.	0,283

Cette quantité de sulfate de baryte ne représente pas tout l'oxygène du minerai. Celui-ci renferme de la baryte qui précipite une certaine quantité d'acide sulfurique : ce sulfate de baryte reste mêlé avec l'argile et l'excès de soufre; il n'est pas nécessaire d'en tenir compte dans les expériences qui ont rapport à la détermination de l'oxygène absorbé par les substances que l'on essaye.

Je dois maintenant rendre compte des expériences faites dans le haut-fourneau et des résultats donnés par l'analyse des matières qui en ont été retirées.

Expérience n° 1.

On a placé dans la cloche en tôle, du minerai en grains de La Chapelle, du minerai de Laissey en morceaux assez volumineux, et des fragments de charbon de halle. La cloche a été jetée dans le fourneau entre le charbon et le minerai : on l'a retirée deux heures après; on avait chargé deux fois dans l'intervalle. La cloche se trouvait à $2^m,50$ de profondeur, elle n'était pas rouge; les minerais

et les charbons ont été enfermés séparément dans des vases bien bouchés.

Essai du charbon. — Le charbon calciné en vase clos à la chaleur blanche a donné :

Matières volatiles. . .	0,128
Charbon et cendres. .	0,872
	1,000

Ce charbon ne paraît avoir éprouvé encore aucune altération dans le fourneau.

Essais des minerais. — 1° Le minerai de La Chapelle a sa poussière d'un rouge foncé tirant un peu sur le noir. Une portion notable de cette poussière s'attache déjà au barreau aimanté ; par càlcination, il perd encore une certaine quantité d'eau.

1° 3 grammes ont été traités par 0gr,500 d'oxyde de manganèse et par l'acide sulfureux.

	grammes.
Le sulfate de baryte obtenu pesait.	1,010
Or, 0gr.,500 d'oxyde auraient donné seuls. .	1,165
Différence. . .	0,155
Correspondant à protoxyde de fer.	0,093
Sur 1 gramme.	0,031

2° 5 grammes du même minerai ont été traités par 3 grammes de manganèse de Gy, mêlés de 5 grammes de soufre.

	grammes.
On a eu, sulfate de baryte.	0,760
Les 3 grammes auraient donné seuls . . .	0,850
Différence. . .	0,090
Protoxyde de fer.	0,163
Sur 1 gramme.	0,033
Moyenne des deux expériences.	0,032

Joignant ce résultat à ceux fournis par l'analyse, on trouve pour la composition du minerai :

Eau.	0,052	
Protoxyde de fer.	0,032	
Peroxyde de fer.	0,634	
Oxyde de manganèse.	0,004	
Alumine soluble.	0,066	
Silice gélatineuse.	0,060	
Argile. Silice.	0,132	0,152
Argile. Alumine.	0,020	
	1,000	

D'après la proportion de protoxyde de fer, le minerai renferme :

Oxyde magnétique.	0,104
Peroxyde de fer.	0,562
	0,666

2° Le minerai calcaire de Laissey ne paraît pas avoir éprouvé de commencement de réduction. Sa poussière est d'un rouge clair sans nuance de brun; à peine quelques parcelles s'attachent-elles au barreau aimanté. Il renferme encore une certaine quantité d'eau qui a été dosée directement. Il contient :

Eau.	0,038
Carbonate de chaux.	0,410
Peroxyde de fer.	0,370
Protoxyde de fer.	trace.
Oxyde de manganèse.	0,004
Oxyde de chrôme.	trace.
Alumine soluble.	0,032
Quartz et silice gélatineuse.	0,146
	1,000

Expérience n° 2.

On a descendu dans le fourneau les mêmes minerais que dans l'expérience précédente. La cloche est restée 4 h. 25 m. dans le fourneau. Lorsqu'elle a été retirée, elle se trouvait à 4^{m},35 de profon-

deur : on a chargé 6 fois dans l'intervalle. La cloche, au moment où elle est sortie du fourneau, paraissait chauffée au rouge sombre.

Essai du charbon. — L'analyse du charbon par calcination rapide, au creuset de platine, a donné pour résultat :

Matières volatiles.	0,065
Charbon et cendres.	0,935
	1,000

Essais des minerais. — 1° La poussière du minerai de La Chapelle est devenue d'un noir pur ; elle est complétement attirable au barreau aimanté. Les grains de minerai n'ont pas changé de forme ; ils sont plus faciles à écraser qu'auparavant. L'acide hydrochlorique attaque facilement le minerai sans dégagement de gaz, mais la liqueur s'échauffe très-sensiblement.

Deux essais ont été faits pour déterminer la proportion du protoxyde de fer.

	gr.
1° 2 grammes traités par 1 gramme de peroxyde de manganèse et par l'acide sulfureux ont donné, sulfate de baryte.	1,250
1 gramme d'oxyde de manganèse aurait donné.	2,330
Différence. . . .	1,080
Protoxyde de fer sur 1 gramme.	0,325
2° 3 grammes du même, traités par 3 grammes de manganèse de Gy, et 5 de soufre, ont donné, sulfate de baryte.	0,310
3 grammes de manganèse auraient donné. .	0,850
Différence. . .	0,540
Protoxyde de fer sur 1 gramme.	0,326

L'analyse a donné :

Perte au feu		0,006
Protoxyde de fer		0,325
Peroxyde de fer		0,330
Oxyde de manganèse		0,005
Alumine soluble		0,082
Silice gélatineuse		0,070
Résidu insoluble.	Silice	0,168
	Alumine	0,014
		1,000

D'après la proportion relative des deux oxydes de fer, on trouve par le calcul que le minerai doit renfermer :

Oxyde des battitures (6*f*+F)	0,290
Oxyde magnétique (*f*+F)	0,365
	0,655

2° La poussière du minerai de Laissey est devenue noire : elle fait une vive effervescence avec les acides. L'acide carbonique a été dosé directement (1), et comme le poids ainsi trouvé est celui

(1) Pour doser l'acide carbonique, j'ai employé le moyen suivant. On place la substance à essayer au fond d'un petit ballon à fond plat, sur lequel on ajuste un bouchon muni d'un tube-entonnoir et d'un autre tube recourbé à angle droit. On verse de l'acide hydrochlorique très-étendu par le tube-entonnoir ; l'acide carbonique s'échappe par l'autre tube, se dessèche en passant sur un appareil à chlorure de calcium, puis s'absorbe dans le condenseur à potasse de M. Liebig, lequel communique avec le tube à chlorure de calcium. A la fin de l'opération on aspire par l'extrémité libre du condenseur ; l'air rentre par le tube-entonnoir et chasse tout l'acide carbonique dans le condenseur à potasse, dont l'excès de poids donne la quantité d'acide carbonique dégagé. Lorsque l'acide hydrochlorique est suffisamment étendu, l'acide carbonique n'en entraîne pas sensiblement, même en portant le liquide à l'ébullition.

que perd le minerai par une forte calcination, on peut en conclure qu'il ne renferme plus sensiblement d'eau. La chaux correspond d'ailleurs exactement à l'acide carbonique contenu.

Trois opérations ont été faites pour déterminer la proportion du protoxyde de fer.

1° 3 grammes de minerai, traités par 1 gramme d'oxyde de manganèse et par l'acide sulfureux, ont donné, sulfate de baryte.	1,680
1 gramme de manganèse aurait donné. . . .	2,330
Différence. . .	0,650
Protoxyde de fer sur 1 gramme.	0,130
2° 2 grammes du même, traités par 0gr.,50 de manganèse et par l'acide sulfureux ont donné, sulfate de baryte.	0,745
Et 0,50 auraient donné seuls.	1,165
Différence. . .	0,420
Protoxyde de fer sur 1 gramme.	0,126
3° 6 grammes ont été traités avec 4 grammes de manganèse de Gy, et 7 grammes de soufre. Le sulfate de baryte pesait.	0,720
Les 4 grammes auraient donné.	1,130
Différence. . .	0,410
Protoxyde de fer sur 1 gramme.	0,124
Moyenne des trois expériences.	0,127

Réunissant ce résultat à ceux fournis par l'analyse, on trouve pour la composition du minerai :

		Oxygène.	Rapports.
Carbonate de chaux. . . .	0,406		
Protoxyde de fer.	0,127	0,0289	1
Peroxyde de fer.	0,278	0,0853	3
Oxyde de manganèse. . .	0,004		
Alumine soluble.	0,031		
Silice gélatineuse et sable.	0,154		
	1,000		

Le fer se trouve tout entier dans le minerai à l'état d'oxyde magnétique.

Expérience n° 3.

On a placé dans la cloche en tôle les mêmes matières que dans l'expérience précédente. La cloche est restée 5 h. $\frac{1}{2}$ dans le fourneau. On l'a retirée à la profondeur de 5 mètres, c'est-à-dire à $0^m,70$ seulement au-dessus du grand-ventre. On a passé 8 charges dans l'intervalle. La cloche était rouge-cerise au moment où elle a été retirée du fourneau. La chaîne était rouge jusqu'à 4 mètres environ du gueulard.

Essai du charbon. — Le charbon retiré du fourneau a donné à l'analyse immédiate :

Matières volatiles.	0,032
Charbon et cendres. . . .	0,968
	1,000

Essais des minerais. — 1° Le minerai de La Chapelle n'a pas changé de forme ; sa poussière est d'un noir tirant sur le gris, très-magnétique. Traitée par l'acide hydrochlorique, elle se dissout rapidement en laissant dégager quelques bulles très-petites de gaz hydrogène.

Deux expériences ont été faites pour y rechercher la proportion de protoxyde de fer.

	gr.
La première, faite avec l'acide sulfureux, a donné : protoxyde de fer, sur 1 gramme. . .	0,415
La seconde, faite avec le soufre et le minerai de Gy, a donné : protoxyde.	0,421
Moyenne des deux expériences.	0,418

L'analyse du minerai a donné les nombres suivants :

Fer métallique.	traces.
Protoxyde de fer.	0,418
Peroxyde de fer.	0,260
Oxyde de manganèse. . . .	0,006
Alumine soluble.	0,080
Silice gélatineuse.	0,078
Résidu insoluble. { Silice.	0,148
Résidu insoluble. { Alumine. . . .	0,010
	1,000

D'après la proportion relative des deux oxydes de fer, le minerai doit renfermer :

Oxyde des battitures. . . .	0,509
Oxyde magnétique.	0,169
	0,678

2° Le minerai de Laissey fait encore une vive effervescence avec les acides. Sa poussière est d'un gris foncé. Traitée par l'eau, elle donne une liqueur qui précipite légèrement par l'oxalate d'ammoniaque, ce qui prouve qu'une partie de la chaux se trouve à l'état caustique. Par calcination à une forte chaleur blanche, la matière perd 12 p. o/o de son poids, et s'agglomère fortement. Deux expériences ont été faites pour déterminer directement la proportion d'acide carbonique :

	gr.
1° 5 gr., traités de la manière indiquée plus haut, ont donné : acide carbonique.	0,580
2° 5 gr., traités de même, ont donné : acide carbonique.	0,582

Résultats qui s'accordent très-bien entre eux et avec le résultat de la calcination.

Deux essais ont été faits pour déterminer la quantité de protoxyde de fer :

	gr.
Le premier, où l'on a employé l'acide sulfureux, a donné : protoxyde de fer, sur 1 gramme. .	0,178
Le second, où l'on s'est servi d'oxyde de manganèse de Gy et de soufre, a donné : protoxyde de fer.	0,172
Moyenne des deux essais.	0,175

Joignant ce résultat à ceux fournis par l'analyse, on trouve que le minerai contient :

Protoxyde de fer.	0,175
Peroxyde de fer.	0,241
Oxyde de manganèse. . . .	0,004
Alumine soluble.	0,040
Carbonate de chaux. . . .	0,266
Chaux caustique.	0,040
Silice gélatineuse.	0,047
Argile et sable.	0,173
	0,986

D'après la proportion des deux oxydes de fer, le minerai renferme :

Oxyde des battitures. . . .	0,109
Oxyde magnétique.	0,307
	0,416

Expérience n° 4.

Dans cette expérience, j'ai cherché à apprécier la manière dont s'opère la réduction des scories de forge comparée à celle du minerai en grains et du minerai calcaire. Indépendamment de ces trois substances et du charbon mêlé avec elles, j'ai placé dans la cloche des fragments assez volumineux de briquettes faites avec un mélange de la même scorie pulvérisée, de poudre de charbon et de chaux éteinte. Pour faire ces briquettes, on a pilé à la dame une certaine quantité de scories riches ou *sornes*, et on a pris la poussière, qui a tra-

versé un tamis en fil de fer dont les trous ont 0m,001 de côté. On y a mêlé 12 p. 0/0 de son poids de poussière de charbon de halle, et à peu près 25 p. 0/0 de chaux grasse qu'on a réduite en bouillie avant de la mêler au reste de la poudre. Avec ce mélange bien pétri, on a pu faire des briquettes qui ont pris au soleil assez de dureté pour résister à la pression du doigt.

La cloche contenant ces différentes matières a été jetée dans le fourneau entre le charbon et le minerai. Elle y est restée 6 h. 25 m. On a passé 11 charges dans l'intervalle, ce qui fait une charge par 35 minutes. Ce jour-là, le fourneau marchait plus vite qu'à l'ordinaire. La longueur de chaîne engagée dans le fourneau était de 5m,70, longueur égale à la hauteur de la cuve. La cloche, au moment où elle est retirée, est encore chauffée au rouge. Le fer paraît avoir été ramolli par la chaleur, car la cloche est sensiblement déformée.

Essai du charbon. — Le charbon retiré de l'appareil paraît avoir perdu à peu près la totalité de ses parties volatiles. Il a donné par la calcination à la chaleur blanche prolongée pendant $\frac{1}{2}$ heure :

Matières volatiles.	0,008
Cendres et charbon. . . .	0,992
	1,000

Essais des minerais. — 1° Le minerai de La Chapelle a déjà éprouvé un commencement de fusion. Les grains sont soudés les uns aux autres, sans cependant avoir perdu tout à fait leur forme. Leur surface est luisante, et indique un commencement de scorification. On peut les piler assez facilement. La poussière est d'un gris de fer; elle renferme déjà une quantité considérable de fer

métallique qui s'aplatit et prend l'éclat métallique sous le pilon. Les acides en dégagent beaucoup d'hydrogène qui possède la même odeur que celui obtenu avec la limaille de fer, ce qui prouve que le fer a déjà pris une petite quantité de carbone. Quand on l'attaque par l'acide hydrochlorique concentré, et qu'on maintient l'ébullition pendant quelques heures, on finit par décomposer presque entièrement le silicate formé, et l'on obtient pour résidu de cette attaque, après avoir enlevé la silice gélatineuse par la potasse caustique, une matière presque blanche qui ne retient plus qu'une trace de protoxyde de fer.

Deux opérations ont été faites pour déterminer la proportion de fer métallique :

	gr.
1° 4gr.,290 de matière ont donné : eau.	0,3790
Fer métallique, sur 1 gramme.	0,2664
2° 3gr.,983 ont donné : eau.	0,3550
Fer métallique.	0,2685
Moyenne des deux expériences.	0,2670

L'analyse a donné :

			oxygène.	
	Fer métallique. . . .	0,267		
Silicate attaquable par l'acide hydrochlorique 0,649.	Protoxyde de fer. . .	0,350	0,083	0,119
	Oxyde de manganèse.	0,006	0,001	
	Alumine soluble. . .	0,073	0,034	
	Oxyde de chrôme. .	traces		
	Chaux.	0,004	0,001	
	Silice gélatineuse. . .	0,216	0,112	
Résidu insoluble 0,076.	Silice.	0,046		
	Alumine.	0,030		
		0,992		

Si l'on compare le résultat de cette analyse avec les précédentes, on voit que la majeure partie de l'argile mêlée à l'hydroxyde de fer dans le minerai a été attaquée et transformée par le

protoxyde de fer en silicate. Le résidu insoluble dans l'acide hydrochlorique renferme proportionnellement beaucoup plus d'alumine que le silicate soluble, effet qui tient sans doute à ce que l'alumine, se trouvant en grande partie dans le minerai à l'état d'hydrate, se dissout dans le silicate de fer plus difficilement que l'argile; et l'on sait d'ailleurs que l'alumine fortement calcinée devient à peu près insoluble dans les acides. On peut remarquer aussi que, dans le silicate formé, la silice contient à peu près autant d'oxygène que les bases. En ramenant sa composition à l'unité, on trouve :

Silice.	0,332
Alumine.	0,112
Protoxyde de fer.	0,541
Oxyde de manganèse. . . .	0,009
Chaux.	0,006
Oxyde de chrôme.	traces
	1,000

2° Le minerai de Laissey a conservé sa forme. Sa poussière est devenue d'un gris clair. On distingue très-bien dans la cassure des morceaux les parties calcaires des oolithes ferrugineuses. Lorsqu'on traite le minerai par les acides, il se produit une effervescence assez vive; mais le gaz qui se dégage est de l'hydrogène pur, et ne trouble pas l'eau de baryte.

Deux expériences ont été faites pour doser le fer métallique.

	gr.
1° 4gr.,140 ont donné, dans l'attaque par l'acide hydrochlorique : eau.	0,1390
Fer métallique, sur 1 gramme.	0,1010
2° 5gr. du même ont donné : eau.	0,1650
Fer métallique, sur 1 gramme.	0,0996
Moyenne des deux expériences.	0,1000

Joignant ce résultat à ceux que l'analyse a fournis, on aura :

Fer métallique.	0,100
Protoxyde de fer.	0,302
Oxyde de manganèse. . . .	0,004
Oxyde de chrôme.	traces
Chaux.	0,374
Alumine soluble.	0,030
Silice gélatineuse..	0,064
Résidu insoluble (quartz).	0,122
	0,996

En faisant traverser par du gaz acide sulfureux une dissolution bouillante de ce minerai faite par l'acide hydrochlorique à l'abri du contact de l'air, et essayant ensuite la liqueur par le chlorure de barium, je me suis assuré qu'elle ne renfermait pas de peroxyde de fer, car la quantité de sulfate de baryte formé était à peine sensible. Or, M. Berthier a démontré qu'en cémentant du peroxyde de fer dans du charbon, l'oxyde des battitures passe immédiatement à l'état de fer métallique, et, d'un autre côté, qu'en dissolvant dans les acides le mélange de fer métallique et d'oxyde des battitures, la dissolution renfermait une certaine quantité d'oxyde rouge. Ainsi donc il y a tout lieu de croire qu'il s'est formé ici une combinaison entre le protoxyde de fer et la silice, bien que la silice gélatineuse soit en assez faible proportion dans le minerai, et qu'elle s'y trouve avec une quantité considérable de chaux caustique.

On peut remarquer aussi que l'analyse a donné une proportion de chaux plus considérable que celle contenue moyennement dans le mine[...] J'ai déjà fait observer que tous les morce[...] a-ce minerai n'avaient pas la même rich[...]

nalyse ci-dessus se rapporte à des fragments où la proportion de calcaire était plus forte que la moyenne.

3° Les fragments de sornes n'ont éprouvé aucun changement dans leur forme ni dans leur cassure. Seulement leur surface est d'un gris pâle et prend sous le frottement l'éclat métallique. Mais cette réduction par cémentation ne paraît pas avoir pénétré à une grande profondeur.

La composition moyenne des morceaux a été trouvée comme il suit :

	gr.
5 gr. ont donné.	0,078 d'eau
Fer métallique, sur 1 gr. .	0,047

L'analyse a donné :

Fer métallique.	0,047
Protoxyde de fer.	0,822
Oxyde de manganèse. . . .	0,007
Oxyde de chrôme.	0,008
Alumine.	0,004
Silice.	0,102
Sable.	0,010
	1,000

Si l'on considère que la sorne avant l'expérience contenait déjà 0,014 de fer métallique, on verra que la réduction a été presque nulle. Si la scorie eût renfermé 20 à 25 pour 0/0 de silice, comme les scories coulantes qui se produisent au commencement de l'affinage, il est très-probable qu'elle serait entrée en fusion complète à la profondeur à laquelle elle se trouvait dans le fourneau, et sa réduction eût été moins avancée encore que celle de la sorne, en raison de la présence d'une plus grande quantité de silice combinée.

4° La briquette ne s'est pas réduite en pous-

sière dans la cloche, ainsi qu'on aurait pu le craindre. Seulement les différents fragments se sont arrondis par suite du frottement. Sa poussière est d'un gris très-pâle.

Deux expériences ont été faites pour le dosage du fer métallique.

1°	5 gr. ont donné.	gr. 0,4800 d'eau.
	Fer métallique.	0,2896
2°	5 gr. ont donné.	0,4780 d'eau.
	Fer métallique.	0,2884
	Moyenne des deux essais.	0,2890

L'analyse a donné :

Fer métallique.	0,289
Protoxyde de fer.	0,320
Oxyde de manganèse. . . .	0,005
Oxyde de chrôme.	0,004
Chaux.	0,168
Alumine.	0,012
Silice gélatineuse.	0,132
Résidu insoluble.	0,054
Charbon.	0,012
Soufre.	0,001
	0,997

En comparant cette analyse à celle de la sorne pulvérisée, on voit que la proportion de silice gélatineuse et de sable est plus forte que dans la sorne, ce qu'il faut attribuer aux matières terreuses que renfermait le fraisil de halle employé. On voit aussi qu'il ne reste plus dans la briquette qu'une quantité insignifiante de charbon; tout le reste a été volatilisé, soit par la réduction du protoxyde de fer, soit par la décomposition de l'eau de l'hydrate de chaux.

La comparaison de cette analyse avec la précédente montre tout l'avantage qu'on peut tirer

de la préparation des scories de forges, au moyen de la chaux éteinte et du charbon. Depuis longtemps M. Berthier avait recommandé ce moyen d'utiliser ces scories, et ses prévisions à cet égard se trouvent complétement vérifiées par l'expérience précédente. (*Voie sèche*, tome II, p. 304, et *Annales des mines*, tome XIII, page 719.)

Pour compléter la série des analyses dont je viens de donner les résultats, j'y joindrai celle du minerai que j'ai recueilli dans le creuset du haut-fourneau de Vellexon, en décembre 1837. Aussitôt après la coulée, on trouvait le creuset rempli de minerais qui avaient criblé à travers le charbon et qui étaient mélangés avec de petits morceaux de charbon et de chaux caustique. Une grande partie de ces grains s'aplatissait un peu sous le marteau, en prenant l'éclat métallique. Leur cassure est d'un gris clair. Quand on traite cette matière par l'acide hydrochlorique concentré et bouillant, on dissout avec le fer métallique une certaine quantité d'oxydes de fer et de manganèse avec de l'alumine. Si l'on enlève ensuite dans le résidu la silice gélatineuse par la potasse, et qu'on analyse la partie insoluble au moyen du carbonate de potasse, on trouve qu'elle a, à peu près, la même composition que la partie attaquée par l'acide hydrochlorique, déduction faite du fer métallique. Il est assez probable, d'après cela, que le fer métallique est accompagné d'un silicate d'alumine, de protoxydes de fer et de manganèse, qui ne se dissout qu'avec difficulté et en partie seulement dans l'acide hydrochlorique bouillant.

L'analyse a été faite sur la partie de la matière attirable au barreau aimanté. On a séparé ainsi les petits fragments de charbon et de chaux caustique.

Dosage du fer métallique :

		gr.
1°	3 gr. ont produit.	0,507 d'eau.
	Fer métallique, sur 1 gr. .	0,510
2°	3 gr. ont donné : eau . . .	0,503
	Fer métallique, sur 1 gr. .	0,506
	Moyenne des deux analyses.	0,508

L'analyse a donné :

	Fer métallique.	0,508
Silicate soluble dans l'acide hydrochlorique 0,184.	Protoxyde de fer. . . .	0,073
	Oxyde de manganèse. .	0,005
	Alumine soluble. . . .	0,034
	Silice gélatineuse. . . .	0,072
Résidu insoluble 0,308.	Silice.	0,133
	Alumine.	0,070
	Protoxyde de fer. . . .	0,095
	Oxyde de manganèse. .	0,010
		1,000

En réunissant la partie soluble et la partie insoluble, on aura :

		oxygène.
Fer métallique.	0,508	
Silice.	0,205	0,106
Alumine.	0,104	0,048
Protoxyde de fer.	0,168	0,038
Protoxyde de manganèse. . .	0,015	0,003
	1,000	

Le silicate qui accompagne le fer métallique se rapproche beaucoup, par sa composition, d'un silicate de protoxyde de fer et d'alumine fAS^2, préparé par M. Berthier (*Voie sèche*, tome I, page 448), et qui s'est fondu complétement au fourneau à vent. La grande proportion de fer métallique que contient le minerai de Vellexon est évidemment la cause qui a empêché les grains de fondre ou de se souder les uns aux autres. Lorsqu'on rendait le vent au fourneau, après la

coulée, la liquation de ce minerai s'opérait rapidement, grâce à la chaux et aux fragments de charbon mélangés, et il se réduisait encore une proportion considérable de protoxyde de fer. On remarquait toutefois que les premiers laitiers qui arrivaient sur la dame, 1 heure $\frac{1}{2}$ environ après la coulée, étaient plus verts et conséquemment plus ferreux que pendant le reste du fondage.

CONCLUSIONS.

Les résultats des expériences qui viennent d'être exposées permettent d'apprécier avec un certain degré d'exactitude les circonstances principales de la réduction des minerais, sur toute la hauteur de la cuve du fourneau. Le tableau suivant offre le résumé de ces essais en ce qui concerne le minerai de La Chapelle et celui de Laissey. J'ai rapporté, pour chaque expérience, le poids du minerai à 100 parties de minerai crû.

		A 2m,50 de profondeur, 3e charge.	A 4m,35. 6e charge.	A 5 mètres. 8e charge.	A 5m,70. 11e charge.
Minerai de la Chapelle.	100 parties se réduisent à. . .	89,30	82,34	81,22	72,91
	100 parties ont perdu. { Eau. . . .	10,40	14,40	15,00	15,00
	{ Oxygène. . .	0,30	3,30	3,78	12,09
	100 de peroxyde de fer ont perdu. { Oxygène.	0,48	5,55	6,33	20,16
	Vitesse de réduction moyenne.	0,16	1,69	0,39	4,61
Minerai de Laissey.	100 parties se réduisent à. . .	93,60	88,79	84,74	68,12
	100 parties ont perdu. { Eau.	6,40	10,00	10,00	10,00
	{ Oxygène.	0,00	1,23	1,66	5,88
	{ Acide carbonique.	0,00	0,00	3,60	16,00
	100 de peroxyde de fer ont perdu.	0,00	3,34	4,58	16,24
	Vitesse de réduction moyenne.	0,00	1,12	0,62	3,89

Le terme que j'ai appelé *vitesse de réduction* a été calculé, pour chaque expérience, en divisant la quantité d'oxygène cédée par 100 parties de

peroxyde de fer, dans l'intervalle compris entre la fin de deux expériences consécutives, par le nombre de charges qui les séparent. Ainsi pour avoir la vitesse de réduction moyenne du minerai de La Chapelle, quand il occupe la partie du fourneau comprise entre la 3ᵉ et la 6ᵉ charge, il suffit de réduire la fraction $\frac{5,55-0,48}{3}=1,69$. J'ai cru qu'il était plus convenable de rapporter la vitesse de réduction au nombre de charges, plutôt qu'au temps absolu du séjour du minerai dans le fourneau; en effet, la charge ayant un volume constant, il est clair que le minerai sera toujours à la même hauteur dans le fourneau, pour deux expériences consécutives, lorsqu'il sera recouvert par le même nombre de charges, tandis qu'au contraire, pour des temps égaux, le minerai ne descend pas toujours de la même quantité dans le fourneau, par suite de la vitesse variable du vent.

Le haut-fourneau de Clerval contient vingt-cinq charges, c'est-à-dire que le minerai n'arrive à la tuyère qu'après avoir été recouvert par vingt-cinq charges successives. La vitesse moyenne de réduction pour les minerais serait donc $\frac{30,66}{25}=1,22$.

La comparaison des termes qui représentent les vitesses de réduction permet d'apprécier assez facilement la manière dont marche la réduction des minerais. Ainsi l'on voit que, dans la partie supérieure du fourneau, les minerais en grains ne perdent à peu près que leur eau de combinaison; que leur réduction s'opère ensuite avec une certaine rapidité lorsqu'ils se transforment en oxyde magnétique. La vitesse de réduction paraît diminuer très-sensible-

ment dans la région du fourneau où s'opère le changement de l'oxyde magnétique en oxyde des battitures, tandis que, dans l'intervalle compris entre la huitième et la onzième charge, la réduction s'effectue avec une grande énergie (1). On observe des résultats analogues aux précédents, relativement au minerai calcaire. La réduction paraît s'opérer ici d'une manière sensiblement plus uniforme que dans le minerai en grains, quoique les mêmes oscillations dans la vitesse de réduction s'y fassent sentir. On peut remarquer aussi qu'à la même hauteur dans le fourneau, la réduction du peroxyde de fer du minerai calcaire est toujours moins avancée que celle du minerai en grains. Il convient, ce me semble, d'attribuer ces deux résultats au volume relatif des fragments des deux espèces de minerais. Celui de Laissey, étant en morceaux beaucoup plus gros, présente moins de surface sous le même volume que le minerai en grains, et la réduction par cémentation doit se faire nécessairement avec plus de difficulté.

Quoi qu'il en soit, on voit que la réduction s'opère avec lenteur dans la partie supérieure du haut-fourneau, puisque le peroxyde de fer perd tout au plus $\frac{1}{5}$ de son oxygène dans l'espace occupé par huit charges consécutives. Au contraire, dans une zone du fourneau très-resserrée en hauteur, et qui se trouve un peu au-dessus du raccordement de la cuve et des étalages, on observe que dans 1 heure $\frac{1}{2}$ ou 2 heures au plus, la quantité d'oxygène aban-

(1) Il est bon de se rappeler que le peroxyde de fer perd 1/9 de l'oxygène qu'il renferme en passant à l'état d'oxyde magnétique, et 1/4 en se transformant en oxyde des battitures.

donnée s'élève à près de la moitié de celle renfermée dans le peroxyde de fer.

La cause de cette variation si subite dans la vitesse de réduction des minerais, soit argileux, soit calcaires, me paraît devoir être attribuée au dégagement de l'acide carbonique de la castine et du minerai calcaire. On a pu remarquer que le minerai de Laissey a déjà perdu une petite partie de son acide carbonique dans l'expérience n° 3. Dans la quatrième, la totalité de la chaux est à l'état caustique. Ainsi le dégagement de l'acide carbonique coïncide d'une manière frappante avec une variation brusque dans la température du haut-fourneau et dans la vitesse de réduction des minerais. Ce fait ne présente rien d'étonnant, puisqu'on sait, d'après les expériences de M. Bischoff, que l'acide carbonique absorbe une très-grande quantité de calorique latent pour passer à l'état gazeux. Les gaz qui traversent le haut-fourneau doivent donc se dépouiller dans la zone, où s'opère la calcination de la chaux, d'une partie de la chaleur sensible qu'ils possèdent, en même temps que leur énergie réductive se trouve diminuée, soit par l'abaissement de la température, soit par le mélange d'une proportion notable d'acide carbonique (1).

Influence des gangues.

On a pu remarquer, dans les résultats des analyses qui précèdent, l'influence que possèdent le

(1) La détermination de l'acide carbonique dégagé ne présente pas de difficultés. Admettons que la quantité d'air introduite dans le fourneau est de 10 mètres cubes par minute ou 13 kilog.; si l'on charge tous les trois quarts d'heure, on trouvera facilement, d'après la composition de la charge, que l'acide carbonique abandonné en une minute par le minerai calcaire et la castine équivaut à 0k.,60 = 0m.c.,30, c'est-à-dire au 3 p. 0/0 du volume total de l'air.

mode de combinaison du fer et la nature des matières terreuses qui y sont associées sur la manière d'être du minerai dans le haut-fourneau. Voici, je crois, quelles sont les conclusions qu'on peut formuler à ce sujet :

1° Le minerai en grains de La Chapelle renferme, avec l'hydroxyde de fer, de la silice et de l'alumine en proportions telles, qu'en y ajoutant une quantité convenable de chaux, on obtiendrait un silicate contenant à peu près 0,50 silice, 0,20 alumine et 0,30 chaux, composition qui correspond à un laitier bien fluide. Ainsi on pourrait, à la rigueur, fondre ce minerai seul, avec addition de castine. La matière terreuse associée à l'hydroxyde de fer est un mélange d'argile et d'hydrate d'alumine, et non de l'argile homogène, puisque la proportion d'alumine soluble est beaucoup plus considérable que celle correspondante à la silice gélatineuse qui provient de l'attaque, par l'acide hydrochlorique, d'une certaine portion de l'argile. Dans les trois premières expériences, il ne paraît pas qu'il y ait eu réaction entre les matières terreuses et l'oxyde de fer, car l'attaque des minerais par l'acide hydrochlorique donne sensiblement les mêmes proportions d'alumine soluble, de silice gélatineuse et d'argile. Mais dans la zone du fourneau qui se trouve entre la huitième et la onzième charge, la presque totalité de l'argile se combine avec tout le fer qui reste encore à l'état de protoxyde, et forme un silicate fusible dans lequel sont disséminés le fer métallique et l'argile et l'alumine non attaquées. La fusibilité de ce silicate diminue continuellement, à mesure que la proportion de fer métallique augmente. La réduction du protoxyde de fer devient, d'un autre côté,

d'autant plus difficile qu'il en reste moins dans le silicate, à moins qu'une autre base forte ne vienne la favoriser en s'unissant à la silice. Cette dernière condition est réalisée par l'adhérence que contractent les grains de minerai arrivés à l'état pâteux, avec les morceaux de castine ou de minerai calcaire.

Il importe, pour le bon roulement du fourneau, que le silicate formé ne devienne jamais assez fluide pour couler, à travers les charbons, jusque dans l'ouvrage. On atteindra ce but, si le silicate contient déjà, au moment où il se ramollit, assez de fer métallique pour l'empêcher d'entrer en fusion complète. La présence de l'alumine dans le silicate de fer tend à en diminuer la fusibilité : aussi les minerais très-alumineux se réduisent-ils complétement sans changer de forme.

2° La composition du minerai de Laissey permettait de prévoir la manière dont il se comporterait dans le fourneau; ainsi, il était évident, *à priori*, que la grande quantité de chaux qu'il renferme s'opposerait à sa fusion. On voit d'ailleurs que la proportion de silice gélatineuse a notablement augmenté dans l'expérience n° 4, où le résidu insoluble dans les acides et la potasse caustique se compose en entier de grains de quartz hyalin, lesquels, comme on sait, n'entrent en combinaison avec la chaux que très-difficilement et sous l'influence d'une température fort élevée.

3° On a vu (n° 4) que la réduction du silicate de protoxyde de fer, qui forme la base des scories de forges, était à peu près nulle sur toute la hauteur de la cuve. Ce résultat explique parfaitement les effets métallurgiques du traitement des scories de forges dans les hauts-fourneaux. On sait que

l'emploi de ces scories, et surtout des scories crues, qui sont les plus fusibles, ne peut avoir lieu en proportion un peu considérable dans les charges sans altérer et compromettre le roulement du fourneau ; on n'obtient plus que des fontes blanches; les laitiers deviennent très-ferreux, et le fourneau s'élargit dans la partie inférieure avec rapidité. Tous ces effets sont dus évidemment à la fusion des scories avant leur réduction, et à l'arrivée dans l'ouvrage et dans le creuset de matières fondues très-riches encore en oxyde de fer.

Certains minerais, qui paraissent au premier aspect sans analogie avec les scories de forges, s'en rapprochent tout à fait par la manière dont ils se comportent dans le haut-fourneau. Les minerais de fer oligiste à gangue quartzeuse sont dans ce cas(1). Leur compacité s'oppose à ce que

(1) Je citerai, par exemple, le minerai de Servance (Haute-Saône), qui forme un filon puissant dans le terrain porphyrique de cette localité, et qui se compose de fer oligiste micacé mélangé de grains quartzeux, et de quelques nids de baryte sulfatée. Ce minerai renferme moyennement 50 p. 0/0 de fer. On a essayé, à plusieurs reprises, de l'employer au fourneau du Magny. On le jetait dans le fourneau en assez gros fragments, et il y produisait exactement les mêmes résultats que des scories de forges. Ces essais ont été recommencés dernièrement à l'usine de Ronchamp. On grillait le minerai, je ne sais trop pourquoi, avant de l'employer, dans un four semblable aux fours à chaux continus, qui recevait des lits alternatifs de minerai en gros fragments, et de menu coke ou escarbilles. Il est arrivé assez souvent, pendant ce grillage, qui n'était autre chose qu'un commencement de réduction, que le minerai coulait par la partie basse du four. Les fragments retirés du four, qui ne sont pas entrés en fusion complète, présentent cependant, dans leur cassure, le même aspect qu'une scorie de forges, et j'y ai remarqué beaucoup de cristaux de la forme du péridot (*fS*).

la réduction par cémentation s'opère facilement dans le haut du fourneau. Lorsque la température augmente, la transformation en protoxyde s'effectue rapidement sous l'influence de la silice, et le silicate formé produit dès lors les mêmes effets qu'une scorie de forges. On doit donc, pour en tirer un parti avantageux, traiter les minerais par les mêmes procédés. Il est probable qu'on parviendra, sans trop de difficulté, à fondre une certaine proportion de scories en les employant en très-petits fragments, afin qu'elles présentent le plus de surface possible sous le même volume, et qu'elles puissent se mélanger facilement avec les autres minerais. Mais il sera sans doute beaucoup plus avantageux de les utiliser en les moulant en briquettes avec de la chaux et du charbon, et en formant ainsi des minerais artificiels qui se réduisent, comme on l'a vu plus haut, tout aussi facilement que les meilleurs minerais en grains, et qui ont même sur ceux-ci l'avantage de l'infusibilité.

Influence du combustible.

Il est permis de penser que l'emploi d'un autre combustible que le charbon de meule produirait des différences appréciables dans la manière d'être des différents minerais. Je ferai, à ce sujet, quelques réflexions. Il est à peu près démontré que l'emploi d'une forte proportion de bois en nature a pour résultat de déterminer, dans une certaine zone du fourneau très-resserrée en hauteur, un changement de température tellement brusque, qu'elle varie du rouge-cerise à 100 ou 120° dans un espace de $0^m,70$, ou 1 mètre de hauteur. Ce refroidissement est dû à l'absorption de chaleur latente par les produits de la distillation du bois, distillation qui produit, dans la température du courant d'air qui traverse le fourneau, des effets

comparables à ceux que détermine la transformation du carbonate de chaux en chaux caustique. Dans un fourneau au bois, l'hydroxyde de fer ne commence à perdre son eau que dans l'espace où le bois se distille, et il y a tout lieu de croire que la hauteur de la zone comprise entre ce point et celui où s'opère la calcination de la chaux et la transformation de l'oxyde de fer en fer métallique est beaucoup moins grande que dans un fourneau au charbon de bois. Cette circonstance, qui favorise la formation d'un silicate de fer fusible, tend à diminuer le rendement des minerais. Les résultats de l'emploi du bois en grande proportion dans les hauts-fourneaux ont présenté et présentent encore des divergences fort remarquables, et qui sont évidemment en rapport avec la composition des minerais qu'on y traite. La nature du charbon que produit la distillation du bois est une cause générale qui agit toujours dans le même sens. Les scories de forges, les battitures, les minerais d'oxyde magnétique ou de peroxyde anhydre, qui n'éprouvent sur toute la hauteur de la cuve que des changements peu importants, et les minerais calcaires, dont la réduction complète s'opérera toujours avant la fusion, se comporteront peut-être dans un fourneau au bois comme s'il marchait au charbon seul; mais on conçoit qu'il pourra n'en être pas de même pour les hydroxydes à gangue argileuse. Je ne présente ces réflexions que pour faire remarquer combien est délicate l'appréciation des causes qui font varier, d'une usine à l'autre, les avantages de l'emploi du bois en nature.

Je terminerai cet essai par quelques observations générales sur le procédé actuel de fusion des minerais dans les hauts-fourneaux.

On peut comparer ce qui se passe dans ces appareils avec les phénomènes que présente l'élaboration des minerais par la méthode catalane, et qui ont été décrits avec tant de précision par M. François. On voit se reproduire, au contrevent du foyer catalan, les mêmes circonstances de vaporisation de l'eau, de réduction et de scorification que j'ai signalées du haut en bas de la cuve du fourneau. Dans le procédé catalan, le noyau métallique se forme au milieu d'une masse de scories chargées de protoxyde de fer, et cette circonstance s'oppose à la cémentation du métal. Dans le haut-fourneau, au contraire, le silicate de fer, qui s'est ramolli dans une certaine région de l'appareil, est décomposé à peu près complétement sous l'influence de la chaux et du charbon, et le fer réduit, ne se trouvant plus en contact qu'avec un silicate terreux, doit se carburer avec facilité. L'emploi de l'oxyde de manganèse dans le procédé catalan, qui permet d'obtenir des aciers naturels par la substitution de cet oxyde dans les scories au protoxyde de fer, forme la transition entre les deux procédés.

L'imperfection inhérente au procédé actuel des hauts-fourneaux consiste dans le mélange de combustible et de minerai. Les gaz fortement échauffés et réductifs qui proviennent des parties inférieures du fourneau devraient perdre tout à la fois, en s'élevant, leur chaleur propre et leurs principes réductifs, de manière à être froids et complétement brûlés à leur sortie de l'appareil. L'hydroxyde de fer perd son eau à une température assez basse. D'un autre côté, le peroxyde de fer se transforme en oxyde magnétique avec la plus grande facilité, et pourrait, par conséquent, dépouiller les gaz échauffés de leurs dernières

parties combustibles. Mais en passant à travers un mélange de charbon et de minerai, les gaz dissolvent à la fois de l'oxygène et du carbone, de façon qu'ils sont peut-être aussi riches en parties combustibles, en sortant du gueulard, qu'ils le sont à la base de la cuve. La valeur calorifique que ces gaz peuvent développer par leur combustion représente encore, dans les fourneaux dont l'allure est la plus économique, les 60 p. o/o de la chaleur totale que peut donner le charbon. Cette considération a déjà déterminé plusieurs métallurgistes à proposer la substitution d'autres appareils de fondage aux hauts-fourneaux actuels. La compagnie des usines d'Audincourt a fait, il y a quinze mois environ, l'essai d'un appareil imaginé par M. Page, directeur du haut-fourneau de Pont de Roide, et qui était destiné à fondre les minerais de fer. Il se composait de deux parties distinctes : l'une, formée de deux troncs de cône accolés base à base à peu près comme les hauts-fourneaux actuels, recevait les minerais qu'on chargeait par la partie supérieure avec une faible proportion de charbon de bois. La colonne de minerai se terminait sur une sole peu étendue servant de creuset et précédée d'une grille que l'on maintenait constamment chargée de houille, et qui était traversée par un courant d'air forcé. On voit que, dans cette disposition, le combustible était à peu près isolé du minerai, et que le haut-fourneau servait de cheminée aux produits de la combustion. Ces essais ont été abandonnés, parce que la réduction des minerais était loin d'être complète. On obtenait des laitiers très-chargés de fer, et une quantité variable d'un métal fondu, assez analogue à l'acier de forge. Ces faits pouvaient être prévus, car il

était évident que cet appareil n'offrait pas aux minerais les mêmes facilités de réduction qu'un haut-fourneau ordinaire. Avec des minerais préparés artificiellement, de telle sorte que leur fusion ne pût s'opérer que sous l'influence d'une température fort élevée, c'est-à-dire en mêlant les minerais argileux avec la quantité de chaux convenable pour la fusion de l'argile, et une certaine quantité de charbon, on serait peut-être parvenu à des résultats plus satisfaisants. Le procédé de M. Page me paraît fondé sur des idées théoriques exactes, et il ne serait pas sans intérêt de recommencer quelques essais dans cette direction. Au reste, je n'indique ces modifications qu'avec la plus grande réserve, et seulement comme des conséquences assez logiques de faits démontrés. C'est, en définitive, à la pratique à les faire admettre ou à les faire rejeter.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Marseille, pendant l'année 1838;

Par M. DIDAY, Ingénieur des mines.

1° *Lignites.*

	(1)	(2)	(3)
Matières volatiles.	0,457	0,572	0,482
Charbon.	0,278	0,360	0,325
Cendres.	0,265	0,068	0,193
	1,000	1,000	1,000
Pouvoir calorifique.	0,386	0,548	0,554
Composition des cendres.			
Carbonate et sulfate de chaux.	0,100	0,006	0,690
Oxyde de fer	0,295	0,965	0,210
Argile.	0,605	0,029	0,100
	1,000	1,000	1,000

(1) *Lignite des Pennes, près de Marseille.* On trouve, dans les environs du village des Pennes, un lambeau de calcaire d'eau douce qui paraît

appartenir au terrain à lignite de Fuveau, et dans lequel on remarque une couche assez régulière d'argile noirâtre. Les avantages que présenterait une exploitation de charbon dans une localité aussi rapprochée de Marseille, ont déterminé plusieurs personnes à faire sur ce point des travaux de recherche, qui, jusqu'à présent, n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Le lignite n'a été rencontré qu'en amas irréguliers, et sa qualité, ainsi qu'on le voit d'après l'analyse ci-dessus, est tellement inférieure qu'il ne pourrait guère être employé qu'à la cuisson de la chaux.

L'échantillon analysé contient 0,081 de pyrites. On trouve dans le même gisement de petites veines de charbon plus compacte, assez semblable au jayet, et dont le pouvoir calorifique a été trouvé de 0,487.

(2) *Lignite de Cucuron* (Vaucluse). Il se trouve dans les marnes bleues appartenant à la formation de mollasse. Il ne constitue pas une couche régulière, mais seulement plusieurs petits amas dans lesquels on distingue parfaitement la forme et la texture d'arbres dicotylédons. C'est donc plutôt du bois bitumineux que du lignite proprement dit. Il s'enflamme avec une grande facilité et brûle rapidement avec une flamme blanche, mais avec une très-forte odeur de soufre.

Il contient 0,073 de pyrites.

(3) *Lignite des environs de Vence* (Var). Il provient de recherches dans les grès verts. Ces travaux ont malheureusement été interrompus, de sorte que l'on ignore encore si le gîte est exploitable.

2° *Houilles.*

	(1)	(2)	(3)
Matières volatiles	0,109	0,186	0,250
Charbon.	0,820	0,712	0,570
Cendres.	0,071	0,102	0,180
	1,000	1,000	1,000
Pouvoir calorifique.	0,930	0,883	0,750
Composition des cendres.			
Carbonate et sulfate de chaux.	0,000	0,050	0,156
Oxyde de fer.	0,282	0,135	0,233
Argile.	0,718	0,815	0,611
	1,000	1,000	1,000

(1) *Houille sèche ou anthracite des Vaux, près de Fréjus* (Var). Au nord du bassin houiller de Fréjus, sur lequel ont été établies deux concessions, mais qui ne renferme que des couches tourmentées et à peu près inexploitables, on trouve deux lambeaux plus réguliers du même terrain dans les vallons des Vaux et de la Varnatelle. Le premier présente un gisement de houille sèche d'une grande épaisseur (de 3 à 4 mètres). Le combustible est de l'anthracite de fort bonne qualité, dur, compacte, et brûlant sans décrépiter : il serait

probablement aussi propre au travail du fer que l'anthracite du pays de Galles. Malheureusement il paraît que ce gîte n'est pas une couche régulière, mais seulement un amas de peu d'étendue.

L'échantillon essayé n'a donné que 0,0019 de pyrites.

(2) (3) *Houilles du département de l'Hérault.* Elles proviennent l'une et l'autre des environs de Néfiès, et l'on espérait pouvoir les employer pour le chauffage des bateaux à vapeur. La flamme qu'elles produisent sera peut-être un peu trop courte pour qu'il soit avantageux de les faire servir à cet usage.

Leur teneur en pyrites est de 0,014 pour la première, et de 0,008 pour la seconde.

3° *Grès bitumineux de Villemus* (Basses-Alpes).

Ce grès appartient à la formation d'eau douce supérieure qui contient les lignites des environs de Manosque et de Forcalquier. Dans cette formation, qui consiste principalement en un calcaire plus ou moins argileux, se trouvent intercalés trois bancs de grès imprégnés, sur quelques points, de matières bitumineuses en proportions très-variables. Le banc supérieur est jusqu'à présent le seul qui ait présenté assez de richesse pour pouvoir être exploité. Cette exploitation a été commencée dans la commune de Villemus, où il se montre à découvert, et dans une position presque horizontale.

Les huiles que contient ce grès se volatilisent à une température supérieure à celle de l'ébullition de l'eau ; mais le bitume proprement dit ne peut être dégagé qu'en augmentant considérablement la chaleur. Il paraît qu'alors il se carbonise en

partie : on ne peut l'expulser complétement qu'au moyen du grillage.

L'analyse, faite en séparant les matières bitumineuses de la manière qui vient d'être indiquée, a donné les résultats suivants pour un échantillon de richesse moyenne :

Huiles et eau.	0,061
Bitume.	0,068
Carbonate de chaux. . .	0,365
Oxyde de fer.	0,017
Argile.	0,055
Quartz.	0,434
	1,000

Par l'ébullition dans l'eau, le bitume se sépare et vient à la surface ; mais, en laissant refroidir, il retombe au fond. Il doit donc avoir une densité peu différente de celle de l'eau, et se dilater plus rapidement qu'elle. Le bitume ainsi séparé retient encore une forte proportion de sable, que l'on peut en séparer, soit en le chauffant dans l'eau jusqu'à une température voisine de l'ébullition, soit en le lavant à l'eau froide qui n'entraîne que le sable, soit enfin en le fondant à feu nu pour que le sable tombe au fond du vase. Mais, quel que soit le procédé que l'on emploie, le bitume obtenu est sec, cassant, et ne peut servir à la fabrication du mastic asphaltique qu'au moyen de l'addition d'une petite quantité d'huile de pétrole ; il est presque complétement soluble dans l'essence de térébenthine.

Le minerai de Villemus a été employé en grand à la fabrication du mastic. Le mélange, variable suivant la richesse du minerai, se compose ordinairement de 10 à 18 de bitume, provenant des usines à gaz et convenablement épuré, et de 90 à 82 de minerai broyé ; on y ajoute quelquefois

1 ou 2 pour o/o de chaux, lorsqu'on veut faire un mastic très-sec. Plusieurs travaux ont déjà été faits à Marseille avec le mastic ainsi préparé. La découverte récente d'un gîte de bitume natif dans les environs de Manosque, pourra encore augmenter les avantages que paraît présenter cette fabrication.

4° *Minerai de soufre des Camoins* (Bouches-du-Rhône).

Ce minerai a été trouvé en veines et en petits amas dans les travaux d'exploitation de la plâtrière de la Cambrette. Sa richesse est très-variable; l'analyse faite sur des échantillons triés, mais qui ne sont pas cependant les plus riches que l'on puisse trouver, a donné les résultats suivants :

Eau et matière bitumineuse. .	0,082
Soufre.	0,444
Carbonate de chaux.	0,138
Sulfate de chaux.	0,296
Argile.	0,040
	1,000

Ce minerai est beaucoup plus compacte que celui de Sicile, aussi est-il bien plus difficile d'en extraire le soufre. En le traitant dans un appareil employé quelquefois pour l'essai des minerais de Sicile, et qui consiste principalement en un vase de cuivre chauffé dans un bain d'air, et muni d'un orifice par lequel s'écoule le soufre séparé par une sorte de liquation, on n'a pu en retirer que 22 pour o/o, c'est-à-dire la moitié de ce qu'il contient. Cette circonstance, et le peu d'abondance du minerai ne permettent pas de croire que cette exploitation puisse être avantageuse, malgré l'élévation énorme qu'a éprouvée le prix du soufre par suite du monopole établi en Sicile.

5° *Gypse de Fuveau* (Bouches-du-Rhône).

Il se trouve accidentellement dans les moulières (*) des mines de lignite de cette localité. Il est grenu, sans cohésion, et ressemble tout à fait à du sable.

Sa composition est la suivante :

Eau.	0,223
Sulfate de chaux.	0,762
Sable.	0,010
Oxyde de fer.	0,005
	1,000

6° *Calcaires.*

	(1)	(2)	(3)	(4)
Eau.	0,046	»	0,030	0,015
Oxyde de fer.	0,140	»	0,010	0,015
Carbonate de chaux.	0,624	1,000	0,940	0,895
Argile.	0,190	»	0,020	0,075
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) *Calcaire du plateau de la Claparède, près d'Apt* (Vaucluse). D'après l'analyse il doit donner une bonne chaux hydraulique. En effet,

(*) On appelle *moulières*, dans les mines de Fuveau, des roches profondément altérées et ne présentant plus que la consistance d'une argile molle. Tous les faits observés jusqu'à ce jour conduisent à attribuer cette altération à la décomposition des pyrites très-abondantes dans les couches de lignite et dans les bancs qui les encaissent.

	(5)	(6)	(7)	(8)
Eau.	0,020	0,045	0,022	0,032
Oxyde de fer.	0,015	0,020	0,015	0,020
Carbonate de chaux.	0,840	0,870	0,763	0,838
Argile.	0,125	0,065	0,200	0,110
	1,000	1,000	1,000	1,000

	(9)	(10)	(11)
Eau.	0,030	0,035	0,039
Oxyde de fer.	0,015	0,010	0,000
Carbonate de chaux.	0,920	0,905	0,918
Argile.	0,035	0,050	0,043
	1,000	1,000	1,000

cette chaux a été employée avec succès pour construire des bassins et des citernes dans les environs d'Apt. Ce calcaire appartient à la formation d'eau douce supérieure.

(2) *Calcaire de Montredon* (Bouches-du-Rhône). Il appartient au terrain crétacé inférieur. On l'emploie pour faire de la chaux grasse très-blanche.

(3) *Calcaire de Bouilladisse* (Bouches-du-Rhône). Son aspect l'avait fait considérer comme

pouvant donner une chaux hydraulique; mais l'analyse a fait voir qu'il ne possédait point cette propriété.

Les calcaires suivants, du n° 4 au n° 11, ont été pris sur différents points du tracé du canal de Marseille, et principalement dans le voisinage des localités où l'on aura à faire des constructions. D'après l'analyse, le n° 7 qui provient de Roquefavour serait très-hydraulique; le n° 8, provenant de la même localité, et le n° 5 qui a été pris dans une tranchée ouverte à l'Assassin le seraient moyennement. Tous les autres calcaires ne donneraient que des chaux peu ou point hydrauliques.

Aucune expérience en grand n'a encore été faite pour vérifier ces résultats.

On a en outre analysé un calcaire de Fuveau que son aspect avait fait supposer très-riche en sulfate de chaux, mais qui a été trouvé ne contenir qu'une faible proportion de cette substance. Sa composition est la suivante :

Eau.	0,110
Oxyde de fer	0,005
Carbonate de chaux. .	0,770
Sulfate de chaux. . .	0,070
Argile.	0,045
	1,000

7° *Argiles et sables.*

	(1)	(2)	(3)	(4)
Eau et charbon.	0,272			
Eau.		0,049	0,129	0,028
Carbonate de chaux.	0,018	0,166	0,016	»
Carbonate de magnésie. . .	»	0,025	»	»
Oxyde de fer	0,075	0,060	0,090	0,006
Silice.	0,360	0,550	0,555	0,865
Alumine.	0,275	0,150	0,210	0,101
	1,000	1,000	1,000	1,000

	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Eau.	0,097	0,102	0,131	0,089	0,043
Carbonate de chaux. . .	0,310	0,293	0,159	0,151	0,039
Oxyde de fer.	0,050	0,055	0,050	0,115	0,063
Silice.	0,300	0,305	0,407	0,429 }	0,131
Alumine.	0,183	0,180	0,202	0,201 }	
Sable mêlé.	0,060	0,065	0,051	0,015	0,724
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) *Argile charbonneuse de Sainte-Croix de la Lauze* (Basses-Alpes). Elle accompagne les

couches de lignite exploitées dans cette localité. Comme elle est très-liante, on avait cru pouvoir l'employer dans les fabriques de poterie d'Apt; mais l'expérience a fait reconnaître qu'elle se vitrifiait à la chaleur ordinaire des fours.

(2) *Argile appartenant au terrain d'eau douce.* On l'emploie pour la fabrication des tuiles à la Mort-d'Imbert, près de Manosque (Basses-Alpes).

(3) *Argile des Martigues* (Bouches-du-Rhône). Elle se trouve dans la formation des grès verts : on a l'intention de l'employer pour faire des briques.

(4) *Argile apportée du département du Gard.* On se propose de l'employer à Marseille à la fabrication des briques réfractaires employées pour la construction des fours à soude.

Les quatre argiles qui précèdent ont été analysées sans que l'on ait séparé le sable dont elles sont mélangées.

Dans les suivantes, cette séparation a été faite par lévigation.

(5) (6) (7) *Argiles de Saint-Quentin près d'Apt* (Vaucluse), *dans le calcaire d'eau douce.* Elles sont employées pour la fabrication des tuiles et des briques dans plusieurs établissements des environs d'Apt.

(8) *Argile employée à la fabrication de la poterie grossière et des tuiles, dans les fabriques d'Aubagne* (Bouches-du-Rhône). Elle s'exploite dans le terrain tertiaire des environs de cette ville.

(9) *Sable de Rustrel* (Vaucluse). Il provient du terrain d'argiles et sables bigarrés qui forme la base du second terrain d'eau douce de Provence. On l'a employé, avec quelques succès, pour le moulage de la fonte.

8° *Terres végétales.*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sable.	0,178	0,069	0,120	0,035	0,233
Argile.	0,197	0,276	0,235	0,295	0,219
Oxyde de fer	0,025	0,050	0,035	0,090	0,088
Carbonate de chaux.	0,561	0,552	0,550	0,503	0,285
Humus et eau. . .	0,039	0,053	0,060	0,077	0,175
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Sable.	0,213	0,171	0,108	0,050	0,064
Argile.	0,211	0,265	0,228	0,350	0,552
Oxyde de fer . . .	0,072	0,116	0,084	0,060	0,070
Carbonate de chaux.	0,301	0,250	0,371	0,380	0,293
Humus et eau. . . .	0,203	0,198	0,209	0,160	0,021
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Sable.	0,351	0,295	0,285	0,190	0,113
Argile.	0,254	0,305	0,022	0,270	0,397
Oxyde de fer. . . .	0,080	0,010	0,062	0,095	0,070
Carbonate de chaux.	0,291	0,357	0,608	0,341	0,328
Humus et eau. . .	0,024	0,033	0,023	0,104	0,092
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	(16)	(17)	(18)	
Sable.	0,118	0,055	0,498	0,062
Argile.	0,572	0,295	0,202	0,118
Oxyde de fer.	0,060	0,075	0,085	0,042
Carbonate de chaux.	0,216	0,552	0,184	0,761
Humus et eau	0,034	0,023	0,031	0,017
	1,000	1,000	1,000	1,000

	(20)	(21)	(22)	(23)
Sable.	0,450	0,345	0,455	0,092
Argile.	0,225	0,300	0,125	0,258
Oxyde de fer.	0,083	0,075	0,095	0,015
Carbonate de chaux.	0,188	0,267	0,301	0,609
Humus et eau.	0,054	0,013	0,024	0,026
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) (2) (3) *Terres de Marignane* (Bouches-du-Rhône). Très-bonnes pour la culture des céréales.

(4) *Terre de Jouques, près de Gémenon* (Bouches-du-Rhône). On y cultive aussi des céréales.

(5) (6) (7) *Terre de Bargemont* (Var) : oliviers.

(8) *Même localité* : vignes.

(9) *Terre de Saint-Zacharie* (Var) : prairie artificielle.

(10) (12) *Terres du domaine Matheron* (Var) : vignes.

(11) (13) *Même localité* : céréales.

(14) (15) (21) (22) (23) *Terres de la Bégude, près de Grasse* (Var) : oliviers.

(16) (17) (20) *Même localité* : vignes.

(18) (19) *Même localité* : prairies.

§ 9° *Minerais de fer.*

	(1)	(2)
Eau.	0,044	8,008
Carbonate de chaux.	0,156	0,400
Peroxyde de fer.	0,645	0,486
Sable et argile.	0,155	0,026
	1,000	1,000
Richesse en fer.	0,445	0,325

(1) *Minerai de Gordes* (Vaucluse). Il se trouve dans une caverne du terrain crétacé inférieur; c'est un gisement semblable à celui de Lagnes, qui a été exploité pendant quelque temps pour le service du haut-fourneau de Velleron. Ce minerai pourrait être employé avec avantage dans les usines que l'on se propose de construire dans les environs d'Apt. Malheureusement il est à craindre que le gîte ne soit fort irrégulier, comme tous ceux que l'on connaît dans les cavernes du département de Vaucluse.

(2) *Minerai de Saumane* (Vaucluse). Le gisement est analogue au précédent, mais présente cependant quelque différence. Le minerai se trouve dans le terrain crétacé, non dans une caverne, mais dans des fentes qu'il remplit entièrement. Il est trop peu abondant pour pouvoir

suffire à l'alimentation d'une usine ; mais on pourrait peut-être l'exploiter pour le mêler aux minerais siliceux de Rustrel que l'on traite actuellement au fourneau de Velleron.

10° *Galènes.*

On a essayé deux galènes. L'une, apportée de Corse, était mêlée d'une assez grande quantité de quartz. Fondue avec du flux noir et des clous, elle a produit 0,306 de plomb ; et ce plomb, passé à la coupelle, a donné 0,00008 d'argent, ou 1 gros 2 grains au quintal. Le minerai n'en contient donc que 0,00002448 ou 22 grains au quintal.

L'autre galène, provenant de Propiac (Drôme), était assez pure pour pouvoir être coupellée directement. Elle a donné 0,000025 d'argent, la même quantité que la précédente.

NOTICE

Sur les mines de cuivre d'Alten ou Kaafjord (Norvége).

Par M. DE LAROQUETTE, ancien consul de France dans ce royaume.

Il existe aujourd'hui en Norvége six groupes de mines de cuivre en exploitation, dont nous allons donner les noms et la situation (voir le tableau p. 656); elles sont toutes, à l'exception de celle de Foldal, dans la partie septentrionale de ce pays, appelée la Nordenfjelds, et dans le Finmark ou Laponie norvégienne. Nous ne parlerons ici que de ces dernières.

Les mines de cuivre d'Alten ou de Kaafjord tirent leur nom du golfe de Kaa (Kaafjord) et de lapropri été rurale d'Alten,placée sous les 69°55′ de latitude nord, et les 20°50′45″ de longitude est du méridien de Paris. Elles sont situées dans la partie la plus septentrionale de la Norvége, au fond du golfe de Kaa, l'un des bras de celui d'Alten, dans la paroisse d'Alten-Talvig, dépendant de la Fogderie du Finmark occidental. Placées à l'extrémité sud-ouest du Finmark proprement dit, la portion la moins infertile de cette contrée, en général aussi pauvre en métaux qu'en productions alimentaires, ces mines s'étendent au nord-ouest du Kaafjord sur une longueur d'environ $\frac{1}{2}$ mille norvégien (5647 mètres) jusqu'à la pointe d'Osekarnœs, formée de puissants lits calcaires alternant avec le schiste argileux et le quartz schisteux, qui occupent la majeure partie du terrain montagneux autour du golfe. Ces roches schisteuses entourent de

grandes masses de diorite dans lesquelles dominent tantôt l'hornblende, et tantôt le feldspath : c'est dans ces masses de diorite que l'on a trouvé exclusivement jusqu'à présent des indications de minerai de cuivre. Les mines exploitées en 1838, toutes près du Kaafjord, portent les noms de *Gamle-Grube*, *Mitchell-Grube*, *Woodfall-Grube*, *Ward-Grube* et *Petterch-Grube*. Deux petits filons avaient cependant été découverts en 1837 entre la rivière de Möller (Möller-Elv) et l'Osekarnœs, et on a commencé de suivre dans la montagne de *Reipa*, sur la rive orientale du fleuve Alten (Alten-Elv), de nouveaux indices de minerai de cuivre qui promettent des résultats avantageux; nous en reparlerons ci-après. On a enfin trouvé au commencement de 1839, dans les environs d'Hammerfest, d'autres indices de minerai du même métal. On espère que les produits n'en seront pas inférieurs à ceux des mines de Kaafjord, dont quelques échantillons, rares il est vrai, qui nous ont été envoyés, donnent plus de 50 p. 0/0.

Les montagnes dans lesquelles on exploite les mines de Kaafjord n'offrent aucune forme remarquable. Aux environs du golfe elles ont une élévation de 1.000 à 1.500 pieds de Norvége (313^m,7 à 469^m,8); il en est même qui ont une hauteur de 3.000 pieds norvégiens (941 mètres), suivant H.-C. Ström, maître des mines, qui a publié au mois de juin 1832 un article intéressant à leur sujet, dans lequel nous avons amplement puisé. L'Akka-Socki ou Solki de Léopold de Buch, que Ström, d'après le témoignage des Finois les plus instruits, appelle Akka-Uolki, montagne située au sud-ouest du Kaafjord, atteint, suivant les mesures barométriques du savant voyageur allemand,

une hauteur de 3.500 pieds de Norvége ou 1.098 mètres, et le Storvandsfjeld, près d'Alten, a, suivant M. Lottin, une hauteur de 920 mètres.

On savait depuis longtemps que les montagnes voisines du Kaafjord et de l'Altenfjord renfermaient du minerai de cuivre, et dès le commencement du XVIII[e] siècle, on avait fait, non-seulement dans ces montagnes, mais dans celles des environs de la baie de Qvœn (Quœnvigen), des fouilles, dont parle l'évêque Gunnerus, qui avaient produit quelquefois des pyrites d'un pied cube de grosseur et même plus. Ces tentatives avaient été cependant abandonnées, non parce qu'on ne trouvait pas de minerai, ou parce qu'il était pauvre; mais plutôt par le défaut ou la cherté du combustible, parce qu'on manquait de bonnes machines, etc., et peut-être aussi parce qu'on craignait, comme cela était déjà arrivé, et comme au surplus cela doit toujours arriver dans les commencements de toute entreprise, que les produits ne dédommageassent pas suffisamment des dépenses qu'on serait dans le cas de faire. Des indications de minerai avaient été spécialement signalées dans le *Reipas-Vara* à $\frac{1}{4}$ de mille (8471 m.) au sud d'Alten.

Ce ne fut néanmoins qu'en 1826, ou plutôt au commencement de 1827, qu'on s'occupa sérieusement de l'exploitation des mines de Kaafjord. M. Crowe, vice-consul d'Angleterre dans le Finmark, qui avait formé un établissement au *Fuglenœs* (Cap des Oiseaux), près d'Hammerfest, s'étant rendu à Londres pendant l'hiver de 1826, y apporta un petit échantillon du minerai de cuivre provenant des mines de Kaafjord, plutôt comme un objet de curiosité que comme propre à devenir le fondement d'une entreprise lucrative. On se livrait à

cette époque en Angleterre aux spéculations les plus aventureuses sur l'exploitation des mines; aussi l'échantillon apporté par M. Crowe ayant été essayé et reconnu assez riche, s'empressa-t-on d'envoyer sur les lieux un mineur du Cornouailles. A son retour, le rapport qu'il fit fut favorable ; on sollicita et on obtint le consentement du gouvernement norvégien, et une compagnie anglaise se forma afin d'exploiter pour son propre compte les mines de cuivre dont il vient d'être parlé, et qui sont éloignées d'un peu plus de cinq milles (56 kilomètres) d'Hammerfest. On eut dans les commencements un grand nombre de difficultés à surmonter. Tout était à créer, car tout manquait. Les environs du Kaafjord étaient faiblement peuplés, et cette rare population, faisant sa principale occupation de la pêche d'où elle tirait sa subsistance, n'avait aucune idée du travail des mines. Il fallut donc faire venir des ouvriers du comté de Cornouailles en Angleterre, de Fahlun en Suède, de Foldal et de Röraas en Norvége, en leur payant des salaires très-élevés. Il n'existait ni voies de communications et de transport, ni bâtiments pour le logement des employés, pour les magasins, etc., ni machines. Aujourd'hui tout a pris un aspect nouveau; les *Quænes* de la Laponie suédoise, et même les habitants des environs d'Alten qui, dans l'origine, ne savaient pas travailler, ont acquis l'habitude du travail; une concurrence s'est naturellement établie; on a eu moins besoin d'appeler de loin des ouvriers, et par suite le prix des salaires a diminué. D'un autre côté, on a établi, outre les routes indispensables pour les communications, un chemin de fer d'une lon-

gueur de 900 *favn* ou brasses (1.692 mètres) (1), servant au transport du minerai; quatre-vingts bâtiments ont été construits, en grande partie, avec le bois que le gouvernement a autorisé à couper dans la forêt voisine d'Alten, tant pour les logements des employés que pour les magasins, etc.; des conduits d'eau fort coûteux, de plus de 1080 *favn* (2.030 mètres), font mouvoir de bonnes machines importées d'Angleterre; et on a tenté il y a peu de temps de fondre sur les lieux le minerai qu'on avait, depuis l'ouverture des mines, exporté brut dans ce dernier pays qui fournit tout le charbon de terre nécessaire à la fonte. On doit ajouter que, pour favoriser cette nouvelle industrie, le gouvernement norvégien a exempté de tous droits d'entrée les machines, le charbon de terre et en général tous les articles nécessaires à l'exploitation des mines (2), en accordant en même temps la faculté de se servir gratuitement des bois de sapin de l'état qui croissent dans la paroisse d'Alten, pour la construction des bâtiments et des machines. L'emploi de ces bois ne doit être étendu ni au chauffage ni à la fabrication du charbon; sous ce rapport, le gouvernement a agi avec discernement, car, tout en ménageant les bois d'Alten si précieux pour un pays qui en possède si peu, et dans lequel on ne les a que trop dévastés, il a favorisé, autant que cela a dépendu de lui, l'exploitation des mines de Kaafjord, véritable providence pour le Finmark. Lorsqu'elle fut tentée pour la première fois en 1827, les environs du Kaafjord n'étaient habités que par une seule famille vivant dans une cabane de terre

(1) Le *favn* ou brasse de Norvége égale 1m,88.
(2) Résolutions royales des 12 août 1837 et 26 avril 1838.

du produit de la pêche et d'un petit troupeau de rennes qu'elle entretenait avec beaucoup de peine, tandis que déjà, à la fin de 1829, le nombre de personnes qui avaient une demeure fixe près des mines s'élevait, en y comprenant les femmes et les enfants, à deux cent cinquante individus habitant quarante maisons. D'après le recensement du mois de juin 1836, sept cent vingt-cinq individus, lesquels, directement ou indirectement, tiraient leur subsistance des mines, occupaient quatre-vingts bâtiments en bois à Bosecop, situé près de la baie du même nom, que Léopold de Buch considère comme le véritable port d'Alten, et qu'il place au fond de l'Altenfjord, au milieu d'une forêt de sapins majestueux, dans une prairie verdoyante, d'où la vue se porte entre les arbres et sur le golfe jusqu'aux montagnes lointaines de *Seyland* et de *Langfjord*, qui semblent sortir de l'eau et s'élèvent en amphithéâtre. Pendant l'année précitée (1836), quatre cent soixante-sept ouvriers dont trois cent quarante hommes, soixante-sept femmes et soixante jeunes garçons étaient constamment employés aux travaux des mines. Leur nombre s'élevait de cinq à six cents à la fin de 1837, et, le 30 septembre 1838, les habitants de Kaafjord ayant une résidence fixe dans l'établissement des mines de cuivre, et qui en tiraient leur subsistance, étaient évalués à mille individus sur lesquels :

530 hommes et
110 femmes travaillaient dans l'établissement ;
100 femmes ne travaillaient pas aux mines, mais en tiraient néanmoins leur subsistance ;
100 enfants travaillaient dans l'établissement pendant l'été, et beaucoup d'entre eux également pendant l'hiver ;
160 enfants étaient encore trop jeunes pour travailler.

1.000

Après avoir fait connaître le nombre approxi-

matif des ouvriers des deux sexes employés dans les mines de Kaafjord, nous devons ajouter que l'administration se compose en ce moment d'un directeur, d'un officier préposé à l'usine, d'un intendant ou inspecteur, d'un médecin, de deux commis et de quelques agents inférieurs, tels que machinistes, etc.; ces derniers tous anglais. Ström, maître des mines que nous avons déjà cité et qui a séjourné quelque temps à Kaafjord, où il avait été envoyé par le gouvernement, affirme que la plupart des ouvriers sont des Norvégiens de Foldal, Tonsæt, Röraas, etc., qu'il en vient quelquefois de Suède, mais que ces derniers, de même que les Finois norvégiens, retournent chez eux à l'automne avec un petit capital, fruit de leurs économies. Suivant le même écrivain, il y avait en 1831 aux mines de Kaafjord un directeur, un inspecteur des mines, un agent comptable ou teneur de livres, un médecin et un machiniste tous anglais. En outre sept forgerons, charpentiers ou menuisiers, trente mineurs et soixante-dix autres ouvriers travaillant aux mines et aux machines, étaient constamment occupés, tandis que vingt à trente individus, parmi lesquels on comptait quelques femmes, ne l'étaient que momentanément pendant l'été; quarante-cinq enfants, dont vingt-six norvégiens et dix-neuf anglais, prenaient également part aux travaux; quatorze de ces derniers apprentis provenaient des écoles de pauvres et de charité.

On doit des éloges à l'administration pour l'attention qu'elle a eue de faire établir près des mines un magasin de vivres et autres provisions de nécessité appelé *proviantluus*, dans lequel les ouvriers ont la faculté d'acheter à des prix modérés et fixes tous les articles dont ils peuvent avoir

besoin. En 1835, le montant de ce qu'ils en ont tiré s'est élevé à 20.000 species, environ 100.000 fr. Mais il n'a pas été malheureusement possible de procurer jusqu'à présent en suffisante quantité aux ouvriers norvégiens le lait qu'ils sont habitués à prendre à presque tous leurs repas; c'est pour eux une grande privation.

On met une grande différence entre le travail des ouvriers norvégiens et celui des quœnes; le salaire le plus élevé de huit des meilleurs ouvriers norvégiens s'est élevé en 1838 à 1.664 species (8.320 fr.) par an, ou 17 species (85 fr.) par mois et par homme, et celui de huit des plus mauvais ouvriers norvégiens a été de 1.028 species (5.140 fr.) par an, ou 10 species (50 fr.) par mois et par homme. Huit quœnes de la première catégorie ne gagnent au contraire que 1.358 species (6.790 fr.) ou 14 species (70 fr.) par mois et par homme, et huit quœnes de la seconde catégorie gagnent seulement par an 683 species (3.415 fr.) ou 7 species (35 fr.) par mois et par homme. Il est facile de conclure de cette différence entre les salaires qu'on considère 100 des meilleurs ouvriers norvégiens comme équivalant à 122 des meilleurs ouvriers quœnes, et 100 des plus mauvais ouvriers norvégiens comme faisant autant de travail que 150 des plus mauvais ouvriers quœnes. Parmi les ouvriers engagés à la tâche, les deux tiers sont norvégiens, l'autre tiers se compose de quœnes.

Nous n'entrerons pas dans de longs détails sur le mode d'exploitation des mines de Kaafjord, nous dirons seulement qu'après avoir fait abattre le minerai à la poudre, on le réduit en morceaux de la grosseur d'une noisette, au moyen de deux cylindres en fer fondu, placés à côté l'un de l'au-

tre. Afin que ces cylindres ne soient pas brisés, ou que leur mouvement ne soit pas arrêté par des morceaux de minerai trop durs, le pivot de l'un d'eux est mobile, et le choc sur ce pivot est contre-balancé par un poids. Pour se conformer aux désirs des fondeurs d'Angleterre, le minerai est réduit en portions aussi menues que possible, et, après avoir passé par le cylindre, tombe dans un crible qui sépare les plus gros morceaux des plus petits.

On ne devait pas s'attendre à ce qu'un établissement aussi récent, qui a eu tant de difficultés à vaincre, placé dans une contrée boréale, presque complétement dénuée de ressources, et si éloignée des pays d'où elle peut se procurer celles qui lui manquent, donnât des bénéfices dans les premières années de son existence. Ce n'est point en effet ce qui est arrivé. On a calculé que les mines de Kaafjord ont produit, pendant les trois années de 1833 à 1835, 17,150 skippund ou 5,488,000 livres de Norvége, représentant 2,733,024 kilog. (1), c'est-à-dire, terme moyen, 1,828,160 livres ou 911,008 kilog. par an, et qu'en évaluant, par approximation, la livre de minerai à 3 skillings $\frac{3}{10}$ (16 centimes $\frac{1}{4}$), on aura pour le produit d'une année moyenne 59.415 species, soit . . . . 297.075 fr.

D'après les mêmes documents semi-officiels où nous avons puisé ces informations, les dépenses pendant les mêmes trois années ayant été de 220.000 species ou 73.333 species

(1) Le skippund contient 320 livres, et la livre de Norvége est égale à 0,k.488.

Report.	297.075 fr.
par année moyenne, soit	366.665
Il semble en résulter que la perte moyenne a été par an de	69.590
Néanmoins les mêmes documents ne l'élèvent qu'à 8.816 species, soit . .	44.080

Nous n'avons pas reçu d'informations suffisantes pour pouvoir nous rendre compte de cette différence.

Les 17.150 skippunds de minerai produit des mines de Kaafjord, de 1833 à 1835, ont rendu 1.446 skippunds de cuivre fin ou 8 p. 100 environ, et cette proportion se rapproche assez des évaluations qu'on trouve dans un rapport adressé au roi par l'amtmand du Finmark, et que nous avons sous les yeux. Suivant cet administrateur, les produits en cuivre fin ont été, en 1830, de 7 $\frac{1}{2}$ p. 100, en 1831, de 8 p. 100, en 1832 de 9 p. 100, en 1833 de 10 pour 100, et en 1834 de 9 p. 100; nous verrons ci-après qu'en 1838 le minerai de cuivre a donné un terme moyen de 7 p. 100.

A partir de 1836, la situation des mines de Kaafjord est devenue plus prospère, et cette prospérité paraît s'accroître de plus en plus, car les principales dépenses de l'établissement sont faites, les frais de toute espèce diminuent chaque jour et les produits augmentent graduellement, ainsi qu'on le verra par le relevé ci-dessous, qui ne donne pas, il est vrai, la quantité des produits du minerai extrait de la mine, mais seulement celle du minerai exporté, ce qui doit être considéré, à peu de différence près, comme la même chose, puisque, jusqu'à ce moment, presque tout ce minerai a été exporté en Angleterre.

ANNÉES.	MINERAI DE CUIVRE EXPORTÉ.		VALEUR.		Observations.
	En livres de Norvége.	En kilogr.	En species.	En francs.	
1829	1.416.000	691.008	16.600	83 000	Pendant le premier semestre de 1839, on a importé d'Angleterre pour l'usage de l'établissement des mines de Kaafjord : 49.378 tonnes de charbon de terre ; 6.000 livres de poudre ; 30.000 briques ; 380 pierres à aiguiser ; 1.632 tonnes de sel anglais ; 6.197 livres de sel anglais. Le tout évalué 62.880 species, ou environ 314.400 francs.
1830	1.660.000	810.080	16.300	81.500	
1831	1.800.000	878.400	57.000	285.000	
1832	1.220.000	595.360	38 633	193.165	
1833	1.500.000	732.000	47.500	237.500	
1834	1 760 000	858.880	55.733	278.665	
1835	2.228.000	1.087.264	77.900	389.500	
1836	2.460 000	1.200.480	80.360	401.900	
1837	3.360.000	1.639.680	109.105	545 525	

D'après un document qui se rapporte à l'année qui s'est écoulée du 1er octobre 1837 au 30 septembre 1838, 173 hommes auraient été employés pendant le cours de ladite année au travail à la tâche pour extraire la roche des mines de cuivre de Kaafjord, et en auraient extrait en totalité 1.977 favn ou brasses cubes, et chaque homme aurait extrait par mois environ 9/10e de brasse. L'extraction totale aurait entraîné une dépense de 31.923 species ou 159.615 fr., ce qui porterait la dépense de chaque brasse cube à 16 species ou 80 fr. Les matériaux dont on a fait usage, évalués en livres, poids de Norvége, ont été approximativement, savoir :

	Poudre.	Fer.	Acier.	Chandelle.	Soufre.
Par an. . .	28.709,50	18.148,50	1.365,75	5.237,00	450,30
Par brasse.	14,52	9,18	0,69	2,70	0,23

L'ensemble de toutes les dépenses réunies, non compris le *scheidning*, s'élève, savoir :

	Par an.		Par brasse cube.	
	sp.	fr.	sp.	fr. c.
Salaires des ouvriers, etc., qui ont travaillé dans les mines. . . .	62,431	312,155	31,30	156,26
Fonte, non compris la construction de nouveaux fourneaux, la réparation des anciens, et l'agrandissement du bâtiment de la fonderie.	23,158	115,790	11,52	57,50
Constructions, etc., non compris les machines.	5,683	28,415	2,65	13,05
Dépenses générales.	8,868	44.340	4.45	21.85
	100,141	500,700	49.92	248,65

On voit par le relevé ci-dessus que les dépenses pour chaque *favn* ou brasse cube de roche se sont élevées à environ 50 species ou 250 francs.

Les dépenses *par tonne* de minerai, depuis le moment où l'on commence à le broyer dans les mines, jusqu'à ce qu'il soit transformé en cuivre fin et disposé pour la vente, ont été calculées à

24 species 6 skilling ou 120 fr. 55 c. ainsi repartis :

	sp.	sk.		fr. c.
Travaux de la mine comprenant le scheidning, la surintendance et les frais accidentels.	14 sp.	58 sk.	soit	72,35
Fonte, y compris la construction et la réparation des fourneaux, l'agrandissement des bâtiments de la fonderie et autres dépenses accessoires.	6	39		31,60
Constructions et machines	1	32		6,30
Dépenses diverses	2	07		10,30
Dépenses totales par tonne de minerai. .	24	6	soit	120,55

Le produit des mines pendant la même année a dépassé 26.750 skippund ou 8.560.000 liv. norvégiennes (4.177.280 k.) de minerai de cuivre qui ont produit 1.860 skipp. ou 595.200 liv. (290.457 k.) de cuivre fin, c'est-à-dire environ 7 p. 100. Sur ces 26.750 skippund,

22,617 skip. fondus sur place ont rendu 4 $\frac{1}{4}$ p. o/o de cuivre.
4,133 *dito* exportés à Swansea ont rendu 18 $\frac{2}{7}$ *dito*

Or, comme les 8.560.000 livres de minerai, produit brut des mines de Kaafjord, du 1er octobre 1837 au 30 septembre 1838, peuvent être évaluées à . . . . 278.200 sp.
et que les dépenses totales pendant le même espace de temps ont été calculées à 100.141 sp.

Il en résulte qu'on ne s'écartera pas trop de la vérité en évaluant le produit net de ces mines pendant ladite année à . 178.059 sp.

Le cuivre de Kaafjord est considéré par les Norvégiens comme de première qualité; il est, dit-on, très-recherché et se vend quelquefois 90 livres sterling ou 2.250 francs la tonne royale anglaise. Le mode adopté depuis quelque temps, de traiter le minerai sur les lieux, est infiniment plus avantageux que celui qu'on suivait dans l'origine où on l'exportait brut. En effet, une partie du minerai étant pauvre, il en résultait que le produit de la vente n'égalait pas les dépenses de frêt et autres qu'on était forcé de faire, tandis que le même minerai, qui ne donne qu'environ 3 à 4 p. 100, peut être traité avec avantage près de la mine.

TABLEAU DES MINES DE CUIVRE DE NORVÉGE.

NOMS DES GROUPES.	NOMS DES MINES d'où le minerai est extrait.	SITUATION.			PROPRIÉTAIRES.	DISTANCE des mines à Trondhiem	*Observations.*
		Paroisses.	Fogderies.	Amt ou préfectures.			
Röraas. . . .	Storvarts-Grube. Kongens-Grube. Mug-Grube.	Röraas.	Orke-og-Guledal.	Söndre Trondhiem.	Compagnie norvégienne dite des mines de Röraas.	16 milles (1).	Les mines dites de Röraas appartiennent pour 2/3 à des Norvégiens, et pour 1/3 à des étrangers.
Lökken ou Meldal. . . .	Gottes-Gluch-Gr.	Meldal.	*idem.*	*idem.*	Deux négocians de Trondhiem.	7 milles	
Merager. .	Lillefjelds-Grube. Thorbirks-Grube.	Annex og Stordalen.	Stor og Verdals.	Nordre Trondhiem.	Compagnie norvégienne dite des mines de Röraas.	6 milles	
Tydals . .	Kjölie-Grube. Ramfjelds-Grube.	Tydal og Selboc.	Strinde.	Söndre Trondhiem.	Compagnie suédoise.	7 milles ½	
Foldal ou Frederiksgav.	Foldals-Grube. Faadals-Grube.	Foldal. Tonset.	Guldbrand.	Christian Hedemark.	Compagnie norvégienne dite des mines de Röraas.	20 milles	
Alten ou Kaafjord. . .	Gamle-Grube. Mitchell-Grube. Woodfall-Grube. Ward Grube. Pettereh-Grube.	Alten-Talvig.	Finmark-Occidental.	Finmark.	Compagnie anglaise.	100 milles	

(1) mille de Norvége qui se divise en 18,000 aunes égale 11,294 mètres.

NOTE

Sur la fabrication du charbon roux en forêt;

Par M. SAUVAGE, Ingénieur des mines.

Il est maintenant généralement admis que l'on peut sans inconvénient substituer soit le bois en nature, soit le bois plus ou moins torréfié au charbon préparé en forêt, dans la fusion des minerais de fer. Que cette substitution n'ait point amené partout économie d'argent, on le conçoit aisément; mais on ne peut nier que dans la plupart des cas, et quand les essais ont été bien faits, l'emploi du bois torréfié n'ait apporté une économie considérable dans la consommation première du combustible rapportée au bois. Il est constant que l'ancienne méthode de préparation du charbon en forêt est vicieuse. Par elle, on consomme en pure perte près de la moitié du carbone contenu dans le bois brut, et l'on perd, par conséquent, près de moitié de la puissance calorifique du produit de nos forêts. Le jour où l'on trouvera une méthode simple et économique de préparer en forêt, sans appareils compliqués, du charbon roux plus ou moins torréfié, on aura résolu le problème le plus important dont les métallurgistes puissent s'occuper; on aura rendu disponible une fraction considérable du combustible végétal qui devient de plus en plus rare dans les localités de forges.

Après avoir étudié le procédé de carbonisation au gueulard et l'emploi du charbon roux, j'avais conçu l'idée de faire des essais en forêt, bien convaincu (ainsi que je l'annonçais, *Annales des*

Mines, t. XI, p. 529) qu'il y avait d'heureux résultats à obtenir. M. l'ingénieur en chef Gueymard, et M. Diday, ingénieur ordinaire, firent dans l'Isère des essais de carbonisation en meules; les résultats qu'ils obtinrent furent imparfaits. On produisait bien du charbon roux, mais avec lui une quantité considérable de charbon noir au centre de la meule. Ces résultats sont rapportés (*Annales*, t. XIII, p. 489). M. l'ingénieur Gruner, qui a étudié le procédé de carbonisation autrichien, pénétré de l'inconvénient que présentera toujours la disposition en meules circulaires, a fait voir (*Annales*, t. XIII, p. 596) qu'il y aurait des avantages incontestables à substituer la méthode de carbonisation en tas rectangulaires à celle en meules ordinaires pour la préparation du charbon roux.

Nous fîmes de concert avec un maître de forges de l'arrondissement de Vouziers (Ardennes) dans le courant de 1838, plusieurs tentatives de carbonisation en meules qui furent infructueuses; nous obtînmes des résultats analogues à ceux de MM. Gueymard et Diday, c'est-à-dire du charbon roux, mais aussi une forte proportion de charbon noir. Nous vîmes qu'il fallait renoncer à la disposition en meules ordinaires, par laquelle on devait toujours obtenir beaucoup de charbon noir, ce que l'on doit absolument éviter. L'uniformité du produit étant une condition du premier ordre, j'exposai au maître de forges, chez lequel les essais furent faits, la méthode autrichienne, et je lui proposai de tenter de nouveaux essais par ce procédé. Il y consentit, et nous étions sur le point de faire nos premières recherches, quand nous apprîmes qu'un métallurgiste

belge, M. Echement, annonçait avoir résolu, à peu de frais et par un procédé simple, le problème dont la solution nous préoccupait.

Il vint appliquer son procédé dans les bois de Chéhéry (Ardennes). Je m'empressai de me rendre sur les lieux, et je vis exécuter une carbonisation. Je n'ai point encore étudié complétement le procédé, je n'ai pu me rendre un compte positif des frais de l'opération; mais ce que j'ai vu me fait penser qu'il y a de l'avenir dans la méthode de M. Echement; et bien que je ne puisse affirmer que le problème de la fabrication du charbon roux soit complétement résolu, je crois cependant que l'on est sur la voie de la solution. C'est ce qui me décide à indiquer succinctement en quoi consiste le procédé Echement. Je me réserve de suivre plusieurs opérations; et, après m'être rendu un compte exact des frais et dépenses, et des résultats définitifs, je donnerai une description plus étendue de la méthode, si toutefois le résultat répond à nos prévisions.

On prépare une aire rectangulaire au milieu de laquelle on creuse dans le sens de la longueur un petit canal *ab* (*Pl. XI, fig.* 3 à 5). Les deux parties de l'aire vont en s'inclinant légèrement vers ce canal. La section de cette rigole est un quarré de $0^m,20$ de côté environ. On recouvre le canal par des plaques de fonte disposées de manière à laisser une petite issue dans toute la longueur, vers les parties de l'aire à droite et à gauche. En avant, on creuse en terre une petite fosse; dans la partie *cd* de cette fosse, on place quelques barreaux pour y établir un foyer. Le bois à torréfier est disposé avec soin horizontalement et perpendiculairement au canal *ab*, au-dessus duquel, sur toute la

longueur on ménage une petite voûte de 50 à 60 centimètres de rayon (*fig.* 5). Pour que le tas présente une surface unie, on couvre les parois avec du bois menu posé dans une situation inclinée. On couvre le tas avec de la terre et de la mousse par le procédé ordinaire, en ménageant toutefois quelques issues sur toute la hauteur. Cela fait, on bouche le foyer F par une plaque, de telle sorte que tous les gaz de la combustion qui s'opérera sur la grille passent dans le canal *ab*. Les deux extrémités de la voûte au-dessus de ce canal sont aussi fermées par des taques qu'on lute avec de la terre. Enfin, un petit ventilateur en bois, que fait mouvoir un enfant, lance un courant d'air forcé sous la grille sur laquelle on entretient le feu avec les menus bois, branchages et ramilles, qu'on utilise ainsi. Tous les gaz de la combustion et l'air qui s'échauffe dans le foyer sont donc lancés dans le canal, s'échappent de chaque côté de la rigole par l'issue de quelques millimètres qui est réservée, et se répandent dans la masse du bois. Quand le premier dégagement de vapeur qui s'exhale de tout le tas s'est ralenti, on couvre celui-ci fortement en commençant par le haut. Les gaz abandonnent la partie supérieure et descendent successivement à mesure que l'on couvre. De cette manière, on obtient un résultat uniforme. On conçoit, en effet, que l'on peut à volonté développer de la chaleur en une partie quelconque du tas, puisque les gaz chauds poussés par le courant d'air forcé n'ont point d'autres issues que celles qu'on leur présente aux différents points de la surface de la meule. Au moyen d'un long crochet, et en débouchant la partie antérieure de la voûte,

on soulève plus ou moins les taques qui couvrent le canal, et l'on offre ainsi une issue plus ou moins grande aux gaz échauffés en telle partie du canal que l'on veut.

De cette manière, on prépare 30 stères en 24 heures, et la consommation de bois dans le foyer paraît être d'environ 3 stères, soit $\frac{1}{10}$ de la quantité torréfiée. Dans la torréfaction que j'ai vu opérer, toute la masse principale était uniforme, et le bois de couleur brune jusqu'au centre, à l'exception de celui qui touchait la terre aux points x et y, et qui était moins torréfié que la masse principale. Il est probable que l'on portera remède à ce défaut; mais en tout cas, si l'on n'y parvenait pas entièrement, on pourrait employer ce bois moins carbonisé à la cuisson suivante, en le jetant sur la grille. Le charbon roux obtenu se trouvait à peu près à l'état que j'ai désigné par B (*Annales*, t. XI, p. 550), c'est-à-dire, ayant perdu en poids 43 pour cent, renfermant 38 pour cent de matières volatiles, et ayant un pouvoir calorifique représénté par 0,58. Il est probable, d'ailleurs, que l'on pourrait parvenir à un état plus avancé. M. Echement m'a dit l'avoir obtenu dans des carbonisations précédentes. On n'obtient pas un atôme de charbon noir.

Ainsi que je l'ai dit en commençant, je n'ai point encore réuni tous les éléments du prix de revient du charbon roux ainsi préparé; mais on peut voir à l'avance que les frais de préparation seront peu élevés :

1° L'arrangement du tas est aussi simple, plus simple même que celui des meules;

2° La conduite du travail paraît beaucoup plus facile, puisque le feu n'est point dans la masse;

3° La torréfaction s'opère, pour une même quantité de bois, beaucoup plus promptement que la carbonisation par l'autre méthode;

4° Quant au capital nécessaire pour l'acquisition des appareils, il est peu considérable. Ces appareils consistent en quelques plaques de fonte de peu de valeur, un ventilateur qui coûte 30 ou 40 francs. Avec trois ventilateurs on préparera la quantité de charbon que consommera le haut-fourneau pendant l'année;

5° Enfin, la quantité du combustible destiné à préparer le charbon roux paraît ne pas dépasser le dixième de la quantité à préparer.

NOTICE

Sur les bassins houillers de la partie orientale de la chaîne des Pyrénées ;

Par M. A. PAILLETTE.

(SUITE) (1).

DEUXIÈME PARTIE.

TERRAINS HOUILLERS DE LA CATALOGNE ESPAGNOLE.

Le revers méridional du Canigou, dont l'intersection avec un plan horizontal serait assez bien dessinée par le cours du Tech, présente au-dessus du granite porphyrique une série de roches stratiformes généralement schisteuses ou calcaires.

Les orientements de ces couches, presque toujours accidentés, semblent néanmoins se rapporter à la direction du grand axe assigné par M. Dufrénoy au groupe qui constitue la montagne dont on vient de parler (2).

Leur jonction avec la partie orientale de la chaîne des Pyrénées s'est effectuée non loin du pic de Costaborne, en modifiant toutefois la position des versants, depuis ce point jusqu'au delà de la vallée de Valcevollèra. On peut acquérir une véritable preuve de cette particularité par l'étude des cols du Mantet, de la Madone, del Jégaune, del Nau Fours, etc.

Il en résulte que les terrains plus modernes qui s'étendent au sud du côté de l'Espagne, depuis Saint-Laurent de la Muga jusqu'à Ribas,

---

(1) Voir la première partie de la Notice, page 149.
(2) *Annales des mines*, 3e série, tome V, page 307.

offrent une suite de directions assez différentes les unes des autres, et laissent voir des contournements en rapport avec les mouvements qu'ils ont éprouvés.

Il est donc nécessaire, pour bien définir la position des roches qui constituent le versant espagnol, de procéder à l'examen de celles plus anciennes ou du même âge, qui sont visibles dans tout le territoire français, et de les comparer entre elles.

Cette recherche ne présente pas trop de difficultés dès qu'on a dessiné méthodiquement sur une carte géographique les points de contact du terrain de transition avec les roches pyroïdes, et si, partant de ce tracé, on suit, perpendiculairement aux lignes de limites, l'ensemble des formations.

Les vallées de la Muga, de la Quère, du Rieutort et du Ter facilitent encore les moyens d'observation.

Environs des bains d'Arles, de Montbaulo et Palalda.

En France, le terrain de transition du système cambrien, représenté par des schistes argileux verdâtres ou rougeâtres, reposant à Arles et aux bains d'Arles sur le granite, ou le granite passant au gneiss, qu'on peut étudier à Serralongue, La Manère, Villaroja, Saint-Laurent de Cerdans, Montalba, etc., est recouvert, tout près du pont de Palalda et à Montbaulo, par un ensemble de couches grésiformes et calcaires, contenant de nombreux amas de gypse avec cristaux de quartz bipyramidé.

Le grès, en général quartzeux, ressemble quel-

quefois à une brèche composée de fragments des schistes environnants (Puig d'Aulou).

En cet endroit, la direction du système moderne est S. 70 E. mag. avec pendage au N. E.; mais il est facile de voir de ce point qu'il existe de nombreuses cassures produites par les empiétements de terrains plus anciens.

Quoique la majeure partie des directions s'oriente aux alentours de S. 47° à S. 60° E., je pense néanmoins que l'axe approche de S. 20° E.

Près du pont de Palalda, et sous le pont même, les couches de grès s'enfoncent sous le calcaire et les marnes calcareuses avec direction N. S. mag., et pendage E. d'une soixantaine de degrés. Un peu plus loin, on trouve direction S. 47° E. et pente N. E.

Les plâtrières peu éloignées de ce pont, de même que celles de Montbaulo, sont presque exclusivement composées de gypse marneux, grisâtre ou blanc, qui se trouve toujours en contact avec un calcaire jaunâtre, d'apparence tufacée, déjà signalé dans les environs des bourgs de Tuchan et Durban.

C'est à une petite distance de ces roches que MM. Cordier et Vène trouvèrent, en 1830, quelques fossiles, et c'est probablement à peu près dans le même endroit que j'ai rencontré, en 1838, des histérolites et des hippurites.

Environs de Notre-Dame del Coral et de La Manère.

Le même terrain de transition, schistes argileux et calcaires, est surmonté, non loin de la chapelle de Notre-Dame del Coral, par des couches de grès tout à fait pareil à celui de la vallée de Ségure, et que nous avons rangé dans le ter-

rain de grès vert. Les couches sont dirigées par N. 75° E. et pendent rapidement vers le Nord.

Au col de Bernadelle, elles recouvrent encore les schistes de transition; mais elles sont, au contraire, remplacées par des marnes rougeâtres et noirâtres feuilletées et facilement désagrégeables au col Roitg et au village de La Manère.

La coupe naturelle qu'on peut suivre de ce dernier village jusqu'au col de Malreins donne une idée de la constitution de cette localité, et de la succession accidentée des roches d'alentour.

Ainsi, en partant des dernières maisons de La Manère, assises sur un granite à grains moyens presque en décomposition, on voit sur la rive droite du ruisseau de Malreins les couches de grès et de marnes précédemment décrites, dirigées par S. 80° E.-E. O. mag., avec pente de 70 à 80° vers le Sud.

Plus loin, se trouve en saillie une butte de schistes argileux cambriens métallifères, au-dessus desquels on peut étudier l'ensemble suivant:

1° Grès grossier, à grains plus ou moins gros de quartz blanc ou coloré par l'oxyde de fer.

2° Grès fin, rougeâtre, noirâtre, alternant avec des marnes de même couleur.

3° Marnes feuilletées, très-fissiles, rouge lie de vin, d'un gris enfumé ou noires.

4° Des marnes plus calcarifères, gris enfumé ou gris clair.

5° Calcaire feuilleté avec fucoïdes, généralement gris clair.

6° Calcaire compacte, enfumé ou gris clair, traversé de veines de chaux carbonatée.

7° Enfin, on rencontre près du col Roigt un

calcaire jaunâtre carié, avec apparence tufacée.

Cette série se répète souvent, en tout ou en partie, dans des positions diverses, à cause des nombreuses dislocations du terrain.

Près du col, le calcaire gris marneux est un peu siliceux; il offre à la gauche et précisément sur la ligne frontière une multitude de petits polypiers mélangés avec des nummulites pareilles à celles des environs de Vingrau, Génégals, etc.

En suivant la frontière du côté des déchiquetures qui sont en Espagne, le calcaire contient des Dicérates?, et quelques Térébratules plissées dans le haut du ravin de Monas, non loin du col de las Falguèras.

Environs de Villaroja, de Custoja en France, et de Bassaguda en Espagne.

En remontant du village de La Manère vers le Pla del Castell, on laisse à droite, du côté de Pla de la Llop, des marnes fort abondantes recouvertes près de Sainte-Christine par le calcaire jaunâtre carié si fréquemment désigné dans ce mémoire, tandis qu'on marche dans le ruisseau sur des grès et des marnes qui sont toujours en contact avec le granite.

Au Pla del Castell, les couches de grès ont direction S. 60° E. mag., et plongent de 70° à 80° vers le sud. Les coupes (*Pl. XII, fig.* 1, 2, 3) prises sur les lieux, indiquent parfaitement la position des roches.

La rivière de la Muga offre non loin de sa source une suite de grands escarpements fort curieux, taillés dans des marnes rouges ou noirâtres qui, malgré les recherches les plus minutieuses, n'ont pas fourni de fossiles.

Près de Pradels, du côté de Custoja, le pro-

montoire granitique qui se détache de la masse de Saint-Laurent, à peu de distance des Falgons, a imprimé aux assises du terrain crétacé des contournements qu'on s'explique parfaitement dès qu'on a coordonné les faits relatifs à ces localités.

Au-dessus de la plâtrière de Custoja, qui est identique pour les produits et le gisement à celles des environs des bains d'Arles, de Palalda et de Montbaulo, on trouve, près d'une croix de fer située au bord d'un petit sentier, de nombreux fossiles crétacés; les *pecten* sont surtout abondants; mais on peut aussi recueillir des polypiers de toute espèce.

A Can d'Amont, au contraire, par conséquent à une demi-heure au delà des affleurements d'ophites qui impriment un cachet particulier aux couches du ravin séparant la France de l'Espagne près de Custoja, les marnes interstratifiées avec les grès fournissent des *Cyclolites hemispherica*, histéolites de la plus belle conservation.

Les dicérates et les variétés de petites huîtres qui sont renfermées dans le calcaire bordant le chemin de Can d'Amont à Custoja font tellement corps avec le calcaire enfumé qui les contient, qu'on ne peut les détacher.

Au Piniès, le granite relève encore des couches de grès vert et de marnes, avec des cyclolites et des oursins, au milieu desquelles roule la rivière. A 100 mètres au delà de la limite et sur la rive droite de la Muga, les grès et marnes sont recouverts de calcaire grisâtre à grands bancs, qui sont remplacés au champ de Falconers, sur la montagne de la Pinède, par des marnes calcaires grises et feuilletées dirigées du N.E. au S.O.

Ces marnes avec calcaire intercalé peuvent

être suivies jusqu'à la montagne de Bassaguda, dont la carcasse entière est de calcaire compacte. On distingue surtout ces diverses alternances, sur la pente et dans la vallée de Bassaguda, et à mesure qu'on approche du vallon del Moné.

Enfin, après quatre grandes heures de marche en Espagne, on arrive à ce fameux endroit que les traditions du pays désignaient comme recélant une riche mine d'argent. Nous n'y avons reconnu que deux filons de galène, sans doute très-riches en plomb, mais fort peu argentifères, courant à peu près du N.O. au S.E. mag. au milieu d'un piton de granite qui a relevé dans un sens et dans l'autre la formation crétacée de manière à présenter la coupe *fig.* 4.

Environs du col d'Arès, de Mollo, de Roquabruna et de Camprodon.

Si l'on entre en Espagne par le col d'Arès, la suite du terrain de transition de Prats de Mollo se développe encore au loin, laissant voir de temps à autre des veines ou amas transversaux de quartz blanc laiteux, au milieu des schistes argileux environnants. Parfois, comme à la naissance du ravin qui descend de Roquabruna et sur le chemin de Camprodon, on trouve de la grauwacke schisteuse, formant partie du système.

Dans le bas de ce même vallon de Roquabruna (à 20^{m} horizontaux du chemin) et après des schistes très-chargés de graphite, on voit encore du calcaire de transition; mais sur le côté opposé au château, c'est-à-dire sur la rive droite du ruisseau, quelques nappes crayeuses sont parfaitement

visibles et se lient insensiblement à celles du col de Malreins.

Cette association de roches est en tout identique à celle plongeant vers le sud, qui recouvre trois buttes nettement tracées sur les cartes de Cassini, buttes situées à la gauche du chemin de Camprodon, et essentiellement composées, à leur base, de terrain de transition.

En face de l'une de ces trois buttes, à l'opposite du mas de la Souqua, on voit une grauwacke schisteuse, à gros grains de feldspath. Tout cet ensemble appartient à la même période, et il a, en un point situé vis-à-vis la Soulana, près la rive gauche du Rieutort, une direction sensiblement E.O. mag. avec pendage au S.O.

Au pied de la chapelle San-Antonio, au bord de la rivière, les schistes sont lustrés par un excès de carburation et tachent fortement les doigts. Cette observation a été faite non loin de la promenade de Camprodon.

En sortant de cette ville et remontant le Ter, on acquiert la certitude de la présence de ce même terrain de transition sur une certaine étendue. Il est alors permis de supposer qu'il se relie à ceux qui ont été reconnus du côté de La Preste, d'Espinabell, etc. La partie de la vallée de Camprodon, vers laquelle on se dirige pour aller à Surocca et à San-Juan de las Abadessas, montre près du mas Janet des affleurements qui annoncent déjà des changements de terrain ; les schistes et les calcaires sont noirâtres avec direction E.O. mag. et pente de 65° vers le S. Dans une première excursion, j'avais cru reconnaître dans des traces de fossiles que ces roches contiennent des espèces appartenant au lias ou au terrain crétacé infé-

rieur, mais j'y ai trouvé depuis une assez belle collection d'Orthocères, pour ne plus conserver de doutes sur leur âge.

Le mas Pucheo et le mas Pomé sont bâtis sur les tranches d'un grès avec marnes absolument pareil à ceux des environs de La Manère, Custoja et Villaroja, de sorte que, malgré l'absence de fossiles, je les crois en tout identiques et par conséquent du système crétacé inférieur. Ils sont traversés, près du mas Pucheo, par un porphyre à pâte noirâtre, verdâtre ou rougeâtre, probablement amphibolique, au milieu de laquelle se dessinent des cristaux blancs de feldspath. Ce porphyre est surtout visible entre le mas Pucheo et Torre del Cabaliere dite aussi Torré dels Morous.

A la droite du point précédent, se développe en amphithéâtre un grand bois de chênes verts, dont le sol appartient au terrain de craie. On peut en acquérir la conviction par l'examen des environs du village de Cabaliere, qui a fourni la coupe de la fig. (5).

Le terrain de grès et de marnes noires ou rouges, laisse discerner en quelques endroits des petites couches de *houille stipite* et des nœuds de chaux carbonatée géodique, particularité assez remarquable en raison de la grande similitude de quelques-unes de ces roches avec celles des alentours du mas Pinté (terrain de Surocca).

Ce système se contourne avec les sinuosités de la montagne, jusqu'à Pla de Canplate, où l'on voit le calcaire noduleux offrir une disposition zonaire, par suite de l'alignement de ces nœuds, qui ne sont peut-être que des fossiles mal caractérisés, comme à la Serra de Bourdellat, près La Manère.

Le sentier que l'on suit pour aller de Pla de Canplate aux mines de houille, conduit à une métairie nommée mas Fougonell : quelques instants avant d'y arriver, le sol accidenté laisse voir la disposition, fig. (6), qui prouve bien que le calcaire de la grande butte du col del Pal doit être du même âge que les schistes argileux ardoisés, orientés N. 70° E. mag. avec pendage N. de 40°, c'est-à-dire que ce calcaire appartient aux terrains de transition.

Le mas Fougonell est bâti sur des schistes de même nature, qu'on observe encore dans le premier ravin, au delà des habitations.

Au col de la Creu de Surocca, les couches alternantes de grès, de marnes noires ou rouge lie de vin, qui précédemment (peut-être 100 ou 150m. en arrière) inclinaient vers le N., sont dirigées de l'E. à O. mag. et plongent de 60° à 70° vers le sud. Au-dessus s'étendent au loin les marnes calcaires d'un gris enfumé ou d'un gris pâle.

Cette variété de position dans des strates que leur structure minérale oblige à considérer comme contemporains, ne laisse aucun doute sur la réalité de grandes dislocations survenues après leur dépôt.

Si l'on prend, en effet, le petit chemin de Surocca, on reconnaît encore des schistes argileux qui, par leur position relative, donnent l'idée de faire classer à côté d'eux le calcaire des buttes supérieures. Ces schistes sont profondément modifiés et sont devenus comme pétrosiliceux, au contact d'un porphyre un peu amphibolique, qui affleure à une très-petite distance.

Enfin le poudingue houiller, à grains plus ou moins gros, se voit au milieu du village, et ren-

ferme dans les dernières maisons ou à Camp Poubill des masses de lydienne enfumée.

On peut arriver sur le terrain houiller de Surocca par un autre chemin : il suffit pour cela, une fois qu'on est à Camprodon, de suivre la belle vallée du Ter jusqu'à la petite et industrieuse ville de San Juan de las Abadessas. Cette course montrera que les calcaires de la montagne San Antonio ont des relations avec ceux à orthocères de la rive droite du Ter, qu'ils sont à peu près identiques, peuvent être rapportés à l'étage du terrain de transition, et sont recouverts par du terrain crétacé derrière une métairie indiquée sous deux noms : *Mas Boulateras — Las Boulat.*

Souvent ce calcaire est noduleux et plonge un peu vers l'est ; mais on voit qu'il a généralement éprouvé de grandes perturbations dans le sens des axes d'orientement ou dans le sens de l'inclinaison.

Cette course prouvera de plus que les marnes de Cabalière, qui ont reçu leur direction actuelle du porphyre de cette localité, ont de grandes analogies minéralogiques avec les dernières marnes près du bassin du mas Camps et du mas Junca.

Plus loin, c'est-à-dire à San Pau, tout le terrain n'est composé que de calcaires grisâtres et de marnes feuilletées absolument pareils à ceux qui sont immédiatement superposés aux grès et marnes rouges ou noirâtres dont je viens de parler.

On ne peut discerner une seule autre couche étrangère jusqu'à la ville de San Juan, près de laquelle on reconnaît une vaste formation gypseuse qui, sur le bord même du ruisseau de Samala, présente de grandes couches verticales d'un beau gypse gris ou blanc nacré avec direction

N. 40° E. Ce gypse m'a paru surtout remarquable en ce qu'appartenant à mes yeux, comme tous ceux que j'ai examinés dans le département des Pyrénées-Orientales et de l'Aude, aux assises les plus basses du terrain de craie, il ne montre nulle part ces cristaux de quartz bipyramidés, l'un des caractères les plus constants des gypses de cet âge.

Il n'en est pas moins vrai qu'il existe, à une fort petite distance de ces amas gypseux, des sources salées qui sourdent sur les bords du Samala à demi-heure de marche au-dessus de San Juan. Ces sources et celles plus salées encore, situées à moitié chemin de Ripoll, complètent la série des caractères qui ne doivent pas laisser indécis sur l'ancienneté relative des couches.

De San Juan aux mines de houille, le chemin s'élève insensiblement et sert d'observatoire pour plonger dans les ravins qui le bordent. Ceux de la rivière de Malatosca montrent à chaque instant des marnes et des calcaires grisâtres contournés dans des sens essentiellement différents : souvent ces couches forment le trait de Jupiter ou se replient sur elles-mêmes de la manière la plus bizarre. Néanmoins, elles prennent un pendage plus définitivement arrêté dans le sens du Nord, à mesure qu'on approche du terrain houiller; aussi il arrive un moment où on serait forcé de croire à une superposition directe du terrain houiller à ces couches marneuses et calcaires, si tout dans ces localités ne montrait à combien de dislocations ont été soumises les diverses formations, et si tout ne prouvait encore qu'il y a eu renversement presque complet des diverses successions de couches à partir du terrain de transition.

Terrain houiller dit de Surocca et Ogassa.

Depuis longtemps on savait qu'il existait de la houille (carbon de piedra) dans les environs de la ville de San Juan, et depuis longtemps aussi les habitants de la ville de Ripoll, si renommée par l'excellence des armes qu'elle fournissait (1), faisaient extraire pour le service de leurs forges nombreuses le charbon qui leur était nécessaire. Dans un voyage que je fis de ce côté, en 1836, avec feu M. Bernadac père, on nous signala quelques affleurements auxquels je n'attachai d'abord qu'une importance fort médiocre, mais qui me parurent plus intéressants, dès que je les eus étudiés, et dès que je vis l'exploitation des mines métalliques se développer en France autour de La Manère et de Pratz de Mollo.

Quelques personnes auxquelles je me suis joint demandèrent au gouvernement espagnol l'obtention de *Pertinencias;* une autre société se forma dans le même but, et c'est au milieu des voyages destinés à délimiter les portions revenant à chacune des parties intéressées, que j'ai recueilli des notes bien incomplètes sans doute, mais pourtant assez intéressantes sur ces gisements charbonneux, les seuls qu'on connaisse, je crois, jusqu'à ce jour, au sein des montagnes du nord de la Catalogne.

Dans la dernière excursion dirigée vers ces parages, j'ai eu le plaisir de me trouver toujours en compagnie de M. Casiano de Prado, inspecteur des mines des provinces de Catalogne et d'Aragon, praticien distingué, et homme aussi instruit que sage dans ses idées sur l'octroi des concessions.

(1) Aujourd'hui Ripoll n'existe plus! La guerre civile qui dévore l'Espagne a été cause de sa destruction.

Physionomie du terrain aux environs des mas Camps, Junca et Pinté.

La région des communes de Surocca et Ogassa, appartenant à la formation houillère, se trouve aux alentours des mas Camps, Junca et Pinté. Ce qui frappe le plus dans le relief du sol, ce sont les redressements des montagnes circonvoisines, redressements toujours alignés et parallèles à la plus grande ligne qu'on puisse tirer à la surface du gisement charbonneux. Un autre ordre de choses n'est pas moins remarquable ; c'est la direction sous deux angles des ruisseaux qui sillonnent le territoire, et dont les cours viennent précisément aboutir à celui qui descend du mas Pinté. La direction N.-S. de ce dernier semble constater l'existence d'une grande cassure ou d'un grand pli.

Le terrain houiller s'appuie près du mas Camps sur des schistes argileux de transition très-modifiés avec des directions et des inclinaisons ou contournées ou variables.

En cet endroit, il existe au-dessus du schiste quelques mètres de roche houillère, également modifiée ; puis vient un grès très-fin feldspathique et magnésien, qui forme le mur d'une couche de charbon ayant pour direction, depuis S. 45° E. mag., jusqu'à S. 70° E. et pendage de 76° vers le S.-O.

Cette première couche qui, dans l'endroit dont je parle, peut avoir $1^m,40$ à $1^m,50$ de puissance, n'est séparée d'une autre fort épaisse (peut-être de 3 mètres) que par un faible interstice schisteux.

Le charbon est en général de nature friable, et

quoiqu'à l'œil nu on n'y remarque pas beaucoup de pyrites, il n'est pas moins vrai qu'il s'enflamme spontanément avec assez de facilité.—On a conservé dans le pays le souvenir d'un incendie de 18 mois, et j'ai été témoin le 8 mai d'un nouveau commencement d'embrasement dans une galerie exécutée non loin des vieux travaux par la compagnie Roma.

La couche se prolonge pendant quelque temps dans la direction du S.-E., et l'on peut s'en assurer par le ravin. Elle remonte également au N.-O. vers le mas Camps, près duquel des restes de vieilles tentatives annoncent suffisamment l'existence de plusieurs veines parallèles.

Parvenu en un point peu élevé au-dessus du mas Camps, le système de couches précédent semble complétement s'arrêter contre la base du Puig Colominas, composé d'un calcaire compacte ou feuilleté, renfermant des orthocères et des nautiles assez mal conservés ; mais au mas Maus, c'est-à-dire à une hauteur excessivement grande au-dessus du moulin de Sanasplepa et du mas Mallera, on retrouve un autre affleurement que tout porte à croire fort puissant. Il se dirige par S. 45° E. et plonge de 50° au S. O. Son mur, composé de schistes argileux, fournit une grande quantité de fossiles, parmi lesquels on distingue trois variétés de fougères, des astéréophyllées, des calamites, etc.

Un phénomène particulier aux couches du mas Camps et du mas Maus, si toutefois elles ne forment pas un seul groupe brisé et rejeté au toit et au mur, ainsi que semblerait le laisser croire la configuration du terrain, c'est la constance d'affleurements d'aiguilles de lydienne, presque

au contact du terrain de transition et du grès houiller, aiguilles dont la direction est exactement pareille à celle du système charbonneux.

Il serait même possible dans beaucoup de cas de tirer parti de cette relation pour des recherches de combustible, tant il y a de régularité dans les faits dont je viens de parler. La figure (7) prise dans un grand ravin, situé à l'est du mas Camps, donnera une idée de la position des roches.

La couche du mas Maus, qu'on pourrait désigner par le nom de couche à astéréophyllées, tant elles y sont nombreuses, semble se prolonger dans le ravin dit le Roste del Mané, où une galerie ouverte sur le flanc septentrional a fourni une certaine quantité de charbon. En cet endroit, les couches paraissent faiblement plonger vers le sud. Les eaux qui sortent des vieux travaux charroient de l'hydrate de fer, et leur nature un peu vitriolique indique vraisemblablement une houille pyriteuse.

Non loin de la fontaine du mas Junca, des couches calcaires et argilo-calcaires plongent vers le sud; mais plus loin, c'est-à-dire du côté de l'ouest, on voit reparaître le grès houiller qui contient ici, comme presque partout, des fragments de lydienne, et en même temps un affleurement de charbon. Peut-être a-t-il des relations avec celui dit du mas Junca, qui a donné lieu, vers la naissance du ravin descendant du mas Maus, à une suite de vieilles fouilles alignées N. 70° E., sur une couche plongeant de 35, 40 et 45° vers le nord.

La couche précédente est recouverte par un grès houiller parfaitement défini, surmonté lui-même

par un calcaire noirâtre, traversé de filets de chaux carbonatée blanche.

La *fig.* 8 montre la configuration du monticule. Ce beau grès houiller de la couche du mas Junça, peut être observé sur la côte méridionale du Puig Colominas, où il présente deux faibles affleurements de houille, et où il est facile de le suivre jusqu'au point de son recouvrement par des assises calcaires.

Longtemps j'ai été indécis sur l'âge de ce calcaire, que la mauvaise conservation des fossiles m'avait fait supposer crétacé; mais ceux recueillis récemment, soit par M. Casiano, soit par moi, dont plusieurs sont taillés et polis, me forcent à le rapporter au terrain de transition que les nombreuses dislocations de ces localités ont mis dans cette position bizarre.

Les couches du côté d'Ogassa valident encore cette opinion. Elle ne fait que s'accroître si l'on jette un coup d'œil sur la grande cassure du ruisseau descendant vers Ripoll, où l'on reconnaît parfaitement les calcaires et les marnes calcaires grisâtres du terrain de craie.

Tout près d'une espèce de plateau formant col ou point de partage entre les eaux qui s'écoulent dans le ruisseau précédent et celles qui se dirigent du côté de la Malatosca, on voit le système houiller contenir dans le plan des couches, une roche feldspathique ayant beaucoup d'analogie avec les porphyres quartzifères de Bretagne.

En suivant un peu le chemin de San Juan, les couches précédentes plongent vers le nord, reposent sur des grès avec marnes rougeâtres, assis eux-mêmes sur les marnes grises à fucoïdes plongeant aussi vers le nord.

Les couches de grès de ces environs contiennent des rognons de *calcaire ancien* et de lydienne.

Tout l'espace qui sépare le point que je décris du moulin de Sanaspleda ou du mas Pinté, est exclusivement formé de grès et de schistes marneux ; mais à 500^{m} du moulin, dans un ravin près la Serra del Conejo ou lou Serrat del Connill, un affleurement de charbon de 0^{m},50 d'épaisseur, a direction S. 60° E. avec pente de 50 à 55° N. O. C'est aussi la direction de la couche dite du mas Pinté, couche dans laquelle on a exécuté une recherche qui a fourni de bonne houille, des schistes, du grès houiller noirâtre un peu micacé avec de nombreuses empreintes de fougères. L'entrée des travaux est située non loin de la fameuse fontaine du mas Pinté, qui sort d'un calcaire compacte ayant direction N. 35° E. pendage variable à l'est ; et qui, à quelques mètres du point d'émersion, fournit assez d'eau pour alimenter un moulin à deux tournants, connu sous le nom de Molino de Sanaspleda.

Cette source remarquable appartient au ruisseau de Malatosca, qui se jette dans le Ter près de San Juan.

A droite de la fontaine, le grès houiller offre encore deux ou trois affleurements de houille, tandis qu'on ne peut les suivre sur la rive gauche.

Au mas Pinté, quelques rochers saillants ont l'aspect de roches porphyriques, malgré la présence de quelques petits grains arrondis.

Plus loin, sur le chemin de San Juan à Surocca, à la limite du Bosquet, on trouve un affleurement de schiste houiller direction E. O. plein, pente au N. avec beaucoup de rognons de fer carbonaté lithoïde et empreintes de fougères.

L'affleurement précédent n'est éloigné que de dix mètres d'une autre couche charbonneuse en contact avec un poudingue à petits noyaux de quartz blanc laiteux et de lydienne.— A 40m au-dessus, le terrain houiller est dominé par un calcaire dont les caractères sont déjà décrits.

Le sentier qui conduit de San Juan à Surocca, par mas Pinté, mène à la butte del Toussal, dont la masse est composée d'un porphyre particulier.

Si l'on quitte ces lieux pour redescendre vers le mas Mallera, on rencontre un poudingue houiller précédé, à 20m, d'un affleurement schisteux houiller.

Travaux d'art exécutés.

On ne connaît pas l'époque des premiers travaux exécutés. Quant à ceux de la compagnie Roma, ils sont trop peu importants pour qu'on ait à en parler; ils consistent en quelques petits bouts de galerie ouverts sur certains points productifs.

Ceux qu'on devra se proposer dans l'avenir découlent naturellement de la nature accidentée du terrain et de la grande quantité d'eau qu'il semble renfermer.

On entamera probablement, non loin du mas Mallera, une grande galerie d'écoulement perpendiculaire à la direction des principales couches, et on aura par ce moyen une galerie de roulage qui amènera le charbon à l'entrée de la route qu'on a le projet d'exécuter depuis la mine jusqu'à San Juan. Cette galerie pourra être mise en communication avec un puits commencé par la compagnie Dominé, qui vient de montrer une nouvelle couche de houille entre Surocca et celle du mas Camps.

Nature du combustible.

Les houilles extraites jusqu'à ce jour du terrain de Surocca et Ogassa, sont presque toutes sorties des affleurements ou à une petite distance de ceux-ci ; il ne faut donc pas s'étonner si elles renferment une assez grande quantité de pierres ou de débris schisteux.

Les deux qualités principales sont :

1° Celle qu'on arrache en morceaux moyens.

2° Celle qui se trouve presque exclusivement à l'état de menu.

La première variété est une espèce d'anthracite dur, léger, sonore, à cassure lisse un peu grisâtre, s'enflamme difficilement, brûle avec une flamme blanche et fort courte. Les gros morceaux se délitent au lieu de coller.

Le coke qu'on en obtient n'offre pas un volume plus considérable que celui de la houille employée ; il a un bel aspect métallique, mais aucun des fragments de charbon n'est agglutiné. Cette houille contient :

Charbon.	73,25
Cendres.	13,25
Matières volatiles. . . .	13,50

Les cendres d'un gris sale, un peu briqueté, sont faiblement calcaires ; elles renferment de la chaux libre. Traitées par l'acide sulfurique étendu, elles répandent une faible odeur d'hydrogène sulfuré qui annonce la présence du protosulfure de fer, et par conséquent de pyrites dans la houille.

La deuxième espèce qui se présente presque toujours à l'état de menu, est d'un beau noir de jayet, tache les doigts et contient dans son intérieur des parties d'un brun noirâtre, analogue à

du charbon de bois, brûle avec une flamme vive, allongée, très-fuligineuse, gonfle et fait bien la voûte.

Elle est composée de :

Charbon.	51,75
Cendres.	25,50
Matières volatiles.	22,75

Le coke est boursouflé, métallique, comme fondu. Les cendres sont très-calcaires et dégagent beaucoup d'hydrogène sulfuré par l'addition d'acide sulfurique étendu d'eau.

Malgré le peu d'importance qu'on doit attacher aux résultats précédents comme valeur représentative des charbons, puisqu'on peut extraire des cendres du charbon gras environ un tiers de pierres, il n'en est pas moins vrai qu'il existe dans le bassin houiller, qui fait l'objet de cette notice, deux espèces de combustibles dont l'un sera parfait pour la cuisson de la chaux et des briques, tandis que l'autre pourra être avantageusement employé dans les arts métallurgiques.

Débouchés présumables.

Si la compagnie qui a le projet d'exploiter les mines de Surocca et Ogassa se détermine, ce qui n'est pas difficile à faire, à établir une route charretière le long des rives du Malatosca, elle sera à même d'expédier les charbons dans la direction de la vallée du Ter.

Ripoll, avec son industrie des armes, eût pu lui assurer de grands débouchés; mais Ripoll n'existe plus! on pourrait néanmoins, en raison des belles chutes d'eau d'alentour, faire arriver en ce point remarquable les minerais de fer oxy-

duté de Puymorens par la route nouvelle que le comte d'Espagne construit depuis Ribas jusqu'à Puycerda.

Ces minerais pourraient être mélangés avec ceux également fort riches des environs de Notre-Dame del Coral et de La Manère.

La houille, une fois arrivée dans la vallée du Ter, pourrait aussi, au moyen d'une nouvelle route, alimenter le pays si industrieux d'Olot et Castelfullit.

Il y aurait peu de choses à faire pour rendre ce même chemin bien roulant depuis Besalau jusqu'à la Méditerranée, au port de Rosas.

Envisagée sous un autre point de vue, l'exploitation des mines de Surocca et Ogassa devient de la plus haute importance pour les recherches de plomb et de cuivre entreprises, soit à La Preste, soit à La Manère.

Les dernières, qui s'enrichissent tous les jours, trouveraient un précieux élément de succès dans la possibilité de s'alimenter en combustible minéral.

JURISPRUDENCE DES MINES;

Par M. DE CHEPPE, maître des requêtes, chef de la division des mines.

Recherches de mines.

Autorisation d'opérer des recherches nonobstant le refus de la commune propriétaire du terrain. (Art. 10 de la loi du 21 avril 1810.)

M. le comte Le Peletier-d'Aunay et compagnie et MM. Pallarès, Mandoul et consorts, sont en instance pour obtenir une concession de mines de cuivre dans l'arrondissement de Prades, département des Pyrénées-Orientales.

Les gîtes dont il s'agit ne sont pas encore suffisamment reconnus pour qu'il y ait lieu d'en disposer. La société Pallarès et Mandoul a été autorisée par deux décisions ministérielles, des 10 avril 1837 et 22 septembre 1838, à exécuter des recherches sur les terrains communaux de Planès, de Fontpédrouse et de Pratz-Saint-Thomas. Antérieurement, M. Le Peletier-d'Aunay avait entrepris lui-même des explorations sur le territoire de Fontpédrouse et Pratz-Saint-Thomas. Ces travaux, qui avaient lieu sans permission, furent interdits au mois de juin 1838. M. Le Peletier-d'Aunay et compagnie ont demandé alors à les reprendre, en se bornant à l'espace superficiel qui comprend le filon dit de l'*Estagnol*.

Le conseil municipal de Fontpédrouse et Pratz-Saint-

(1) Une erreur d'impression s'est glissée à la page 667, ligne 11, du tome XV de la 3e série; au lieu de *ordonnance*, lisez *redevance*.

Thomas a refusé de donner son consentement aux explorations projetées par M. Le Peletier-d'Aunay, tant qu'il n'aurait pas payé à la commune une somme de 800 francs pour les dommages occasionnés par les travaux déjà opérés par lui.

La société Le Peletier-d'Aunay, tout en montrant l'intention d'indemniser la commune de ces dommages, n'a point accepté l'obligation qui lui était imposée, et elle a insisté pour que sa demande fût accueillie, nonobstant l'opposition du conseil municipal.

Les ingénieurs des mines ont constaté que les recherches de la société Pallarès et Mandoul, sur les communes de Planès et de Fontpédrouse et Pratz-Saint-Thomas, étaient à peu près insignifiantes, et qu'elles ne pouvaient faire obstacle à ce que d'autres recherches fussent effectuées dans le voisinage; qu'une nouvelle entreprise serait au contraire utile par la concurrence qu'elle formerait à l'égard de cette compagnie. La société Le Peletier-d'Aunay, qui se présentait pour explorer le filon de l'Estagnol, était concessionnaire des mines de cuivre de Canaveilles, situées dans le même département. Les travaux qu'elle a ouverts dans cette concession sont dirigés avec habileté. Ceux qu'elle avait commencés dans la commune de Fontpédrouse et Pratz-Saint-Thomas, et qui ont dû être interdits, étaient aussi conformes aux règles de l'art; on ne pouvait douter qu'elle ne fût en état d'exécuter, d'une manière convenable, les fouilles qu'elle se proposait de continuer.

Par ces divers motifs, les ingénieurs des mines ainsi que le préfet ont conclu à ce que la permission sollicitée fût délivrée. Le conseil-général des mines et M. le ministre des travaux publics ont adopté cette opinion.

L'art. 10 de la loi du 21 avril 1810 a laissé les propriétaires du sol libres de faire des recherches de mines sur leurs terrains ou de transmettre leur droit à des tiers; mais en même temps, à raison de l'importance que les découvertes de substances minérales ont pour l'industrie et la richesse du pays, il a conféré au gouvernement le pouvoir de permettre lui-même les recherches quand ces propriétaires refusent leur adhésion.

Les communes sont soumises à ces dispositions comme les particuliers.

Nous avons rappelé dans des publications précédentes

que, sous le rapport de la tutelle communale, l'autorité administrative, d'après la loi sur l'administration municipale, est compétente pour approuver ou rejeter la délégation que fait une commune de la faculté d'opérer des explorations sur sa propriété, mais qu'elle n'a pas le droit de désigner un tiers contre le vœu du conseil municipal ; ce droit n'appartient qu'au gouvernement.

C'était ici le cas de l'exercer : la commune de Fontpédrouse et Pratz-Saint-Thomas a dû être considérée comme ayant refusé son consentement à la société Le Peletier-d'Aunay, puisque la condition dont elle réclamait l'accomplissement avant de traiter avec cette société n'avait pas été acceptée. Les travaux auxquels MM. Le Peletier-d'Aunay et compagnie désiraient se livrer, sur le filon de l'Estagnol, étaient nécessaires pour faire connaître s'il est utilement exploitable et s'il peut devenir l'objet d'une concession. L'intérêt public était que ces travaux fussent autorisés ; ils l'ont été en effet par l'ordonnance du 6 juillet 1839 (1).

Recherches de mines.

Autorisation accordée malgré le refus du propriétaire du sol. — La prétention de ce propriétaire de se faire donner une partie du minerai n'était pas fondée. — Il n'y avait point lieu d'autoriser l'établissement d'un chemin de charroi sur le terrain à explorer.

Une société dite *la Compagnie des hauts-fourneaux du Nord* a demandé l'autorisation d'entreprendre des recherches de minerai de fer sur un terrain appartenant à autrui, et qui est situé dans la commune de Fourmies, arrondissement d'Avesnes.

M. Berteaux, propriétaire de ce terrain, a déclaré qu'il ne s'opposait point à laisser opérer les travaux, mais il a mis à son consentement des conditions telles qu'elles équivalaient à un refus. Il exigeait notamment qu'on lui livrât une certaine quantité du minerai qui serait décou-

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 721.

vert, et qu'on lui en payât la valeur. Or, il ne s'agissait pas en ce moment de concéder une mine, d'autoriser une exploitation, mais uniquement de permettre des recherches, et des permissions de cette nature ne donnent point droit à l'extraction du minerai. La vente du produit des recherches ne peut résulter que d'une autorisation spéciale.

La compagnie s'est adressée au préfet du Nord pour obtenir de l'autorité la faculté de se livrer à ces recherches ; elle demandait en même temps à établir un chemin de charroi sur cette même propriété.

Le préfet, sur le rapport des ingénieurs, a pris un arrêté tendant à autoriser ces différents travaux.

Le conseil général des mines a été d'avis de permettre les recherches. A l'égard de l'ouverture d'un chemin, il a observé qu'il n'y avait point lieu à accueillir cette partie de la demande, puisqu'il ne peut être question, quant à présent, du charriage du minerai, l'exploration à entreprendre ne devant consister qu'en de simples ouvrages de reconnaissance, sans transport des matières que l'on viendrait à découvrir.

M. le ministre des travaux publics a partagé l'avis du conseil général des mines.

Les exigences du propriétaire, ainsi qu'on l'a vu plus haut, étaient l'équivalent d'un refus, et cependant il importait à l'intérêt public que les minerais qui paraissent être renfermés dans le terrain fussent reconnus ; il y avait donc lieu d'appliquer ici l'article 10 de la loi du 21 avril 1810.

Quant au chemin de charroi, la compagnie pourra ultérieurement avoir la faculté d'en ouvrir un, si, après qu'elle aura découvert un gîte minéral, elle obtient la concession de ce gîte, ou la permission de l'exploiter pour ses hauts-fourneaux. Dans le cas où il ne constituerait qu'une minière, les dispositions en vertu desquelles l'extraction des substances minérales ou l'établissement des usines métallurgiques sont autorisés comprennent le droit d'établir dans certaines limites les chemins nécessaires à ces exploitations ; mais il n'y avait lieu, pour le moment, de s'occuper que de ce qui concernait les travaux de recherches.

D'après les considérations qui précèdent, M. le ministre des travaux publics a proposé au roi une ordonnance ayant pour objet de permettre à la Compagnie des hauts-fourneaux du Nord d'exécuter pendant deux années des explorations sur le terrain indiqué dans la demande, aux

clauses et conditions indiquées par l'administration des mines, et qui doivent concilier tous les intérêts (1).

Recherches de mines.

Autorisation donnée malgré le refus du propriétaire du sol. — Il n'y avait point lieu de permettre, dans l'espèce, la vente du minerai provenant des recherches. — De semblables permissions ne sont accordées que lorsque des substances minérales se détérioreraient en pure perte ; hors ces circonstances spéciales, on ne peut disposer du produit des mines qu'en vertu de concessions.

M. Durand-Cœur a présenté une demande tendant à obtenir la permission d'explorer un gîte de sulfure d'antimoine qu'il a découvert dans les communes de Violay et de Sainte-Colombe (département de la Loire).

N'ayant pu s'arranger à l'amiable avec les propriétaires des terrains sur lesquels il désire entreprendre ces travaux, il s'est adressé à l'administration, conformément à l'article 10 de la loi du 21 avril 1810.

Il s'est engagé à payer toutes les indemnités qui seraient dues, et la demande a été instruite suivant ce qui est prescrit en semblable matière.

Il importe à l'intérêt public de constater si le gîte en question est exploitable, afin que l'on puisse, s'il y a lieu, le concéder. Une exploitation d'antimoine dans cette localité serait très-utile à l'industrie. C'est donc le cas d'user de la faculté que la loi a réservée pour les circonstances dont il s'agit, en imposant seulement les conditions qui sont nécessaires à la garantie de tous les intérêts.

M. Durand-Cœur avait aussi demandé la permission de vendre les produits qui proviendraient de ses explorations; mais le minerai d'antimoine étant de nature à se conserver sans détérioration sur les haldes ou dans les magasins, il n'y avait point de motif pour en autoriser la vente.

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 730.

Rien n'empêche que le pétitionnaire ne le soumette à tous les essais auxquels il désire se livrer, parce que ces essais, qui ont pour but de reconnaître quel pourra être un jour le mode de traitement le plus convenable à faire subir aux produits de la mine, rentrant dans les travaux mêmes des recherches, en font réellement partie. Mais on ne doit point faire de ce minerai une matière marchande avant que la concession du gîte ait été instituée. Ce n'est que dans les circonstances exceptionnelles où une substance se détériorerait si elle n'était pas immédiatement employée qu'on permet alors à l'explorateur de la vendre, afin d'empêcher qu'elle ne se détruise en pure perte.

D'après les considérations qui précèdent, M. Durand-Cœur a été autorisé par une ordonnance du 14 septembre 1839 (1) à exécuter des recherches dans les terrains par lui désignés, mais non à vendre le produit de ces recherches.

RECHERCHES DE MINES.

Autorisation accordée malgré le refus de la commune propriétaire. Ce refus était fondé sur ce que la commune entendait exploiter elle-même. Il ne s'agissait pas d'une exploitation.

M. André Pujade, maître de forges, a formé une demande pour obtenir la permission de faire des fouilles dans des terrains appartenant à la commune de La Bastide, département des Pyrénées-Orientales, pour la reconnaissance de gîtes de minerais de fer dont il sollicite la concession.

Le conseil municipal de La Bastide a refusé son consentement.

Il a été reconnu que cette opposition n'était point fondée. La commune l'avait motivée sur ce qu'elle désirait se livrer elle-même à l'exploitation des minerais de fer qui peuvent se trouver sur son territoire. Mais il ne s'agissait pas d'exploiter. La présence des gîtes n'était pas

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 737.

encore bien constatée; les travaux que M. Pujade avait l'intention d'opérer consistaient en recherches destinées à en faire connaître la disposition, l'importance, et ce n'est que lorsqu'on aura réuni les notions qui manquent à cet égard que l'on sera en état de procéder, s'il y a lieu, à l'institution d'une concession.

La découverte de minerais de fer sur le territoire de La Bastide serait d'un grand avantage pour les usines de la localité, puisqu'elle leur assurerait de nouvelles ressources. Il y avait lieu d'accueillir la demande de M. Pujade nonobstant l'opposition de la commune. L'autorisation a été, en conséquence, accordée, par une ordonnance en date du 20 octobre 1839 (1).

Recherches de mines.

Des sociétés qui ont ces recherches pour objet.
Le mode de sociétés par actions convient-il à ces sortes d'entreprises?
Les cessions d'actions à prime, avant la découverte de la mine, sont-elles valables?

Plusieurs natures de sociétés sont admises par nos lois: la société purement civile, définie dans ses espèces par les articles 1832 à 1843 du Code civil; puis les sociétés dont parle le Code de commerce, savoir: la société en nom collectif, la société en commandite, la société anonyme et les associations en participation.

Abstraction faite de leurs formes et des règles qui leur sont propres, elles ont cela de commun que c'est une convention par laquelle un certain nombre de personnes se réunissent pour profiter ensemble de certaines choses ou faire quelques entreprises, et partager les bénéfices ou les pertes qui pourraient en résulter.

Une telle association peut sans doute valablement se former pour entreprendre des recherches de mines. Les opérations de ce genre sont toujours, il est vrai, plus ou moins chanceuses; mais l'incertitude de l'entreprise n'ôte

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 747.

rien à la validité de l'association qui veut la tenter; elle la fait seulement rentrer alors dans les contrats aléatoires, qui sont parfaitement licites, que les lois ont de tout temps autorisés. Si l'opération est incertaine, les pertes, réparties entre les membres de l'association, seront moins sensibles pour chacun d'eux, tandis que de leurs efforts combinés pourront résulter de grands avantages.

Mais sans mettre en doute l'utilité de ces entreprises, on peut se demander si tous ces modes d'association conviennent indistinctement à ces compagnies; s'il n'en est pas quelques-uns que la nature de leur objet, le but qu'elles se proposent, devraient leur faire éviter.

La société, telle que le Code civil l'a établie, ne pouvant guère se prêter à des entreprises industrielles un peu considérables, bien des compagnies, quoique n'ayant pas proprement un objet commercial, empruntent au Code de commerce le mode de leur organisation.

Ainsi, quoique la loi du 21 avril 1810 ait disposé que l'exploitation des mines ne serait point réputée un commerce, comme l'article 8 de cette même loi admet que les intérêts dans ces sortes d'entreprises peuvent être divisés en actions, on voit souvent se constituer des sociétés par actions, non-seulement pour des exploitations de mines, mais encore pour de simples recherches, ce qui les rapproche plus ou moins des sociétés en commandite ou des sociétés anonymes, les seules pour lesquelles ces divisions en actions aient été prévues par la loi.

Or ce mode est-il parfaitement régulier, lorsqu'il s'applique à ces recherches de substances minérales?

Peut-on vendre des actions *à prime* avant la découverte de la mine?

Y a-t-il dol dans l'annonce de la prochaine découverte d'une mine, si cette découverte ne se réalise pas?

Le cessionnaire lésé peut-il attaquer l'acte de société?

Ces questions ont été agitées dans l'espèce suivante.

En 1820, une société s'était formée pour rechercher de la houille sur le territoire de Cartignies, arrondissement d'Avesnes, département du Nord; le succès ne répondant point aux espérances qu'on avait conçues, quelques associés se retirèrent. Les autres abandonnèrent les travaux. En 1837, des tiers eurent la pensée de les reprendre, en rachetant les actions de l'ancienne société; puis ils revendirent un certain nombre de ces anciennes actions, avec des

primes fort élevées. Une société nouvelle fut formée, dans laquelle on porta le nombre des actions à 300 au lieu de 100. On rappela dans le préambule de l'acte d'association qu'il avait été présenté une demande en concession. Dès 1821, les fondateurs annonçaient qu'on avait à peu près la certitude de l'existence du charbon, et qu'ainsi on pouvait espérer de le découvrir prochainement.

Après que la nouvelle société est constituée, diverses actions sont de nouveau revendues à prime, mais la découverte ne se réalise pas, et les actions baissent. L'un des acquéreurs refuse de payer. Il prétend que la cession qu'on lui a faite était frauduleuse, que c'était une affaire d'agiotage.

Le débat fut porté devant le tribunal de Valenciennes, qui, par un jugement préparatoire, ordonna que la société serait mise en cause.

On disait que les actions ne s'étaient placées qu'à l'aide de manœuvres coupables, qu'on ne s'était pas borné à annoncer la découverte de la mine, qu'on avait été jusqu'à montrer du charbon qu'on disait en provenir. Une ordonnance de non-lieu intervint, ces assertions étant restées sans preuve.

Toutefois, il fut décidé par un second jugement que le contrat de société était nul, comme n'ayant point de cause réelle, comme n'étant qu'un moyen de favoriser l'agiotage.

Appel devant la cour royale de Douai. Les actionnaires soutinrent que l'objet de l'association était licite, que l'acte social ne pouvait donner lieu à aucune réclamation, que la bonne foi était entière, etc., etc.

La cour, accueillant ces moyens de défense, mais non l'exception tirée du défaut de qualité, a rendu l'arrêt suivant le 9 août 1838 :

« En ce qui touche la fin de non-recevoir opposée à l'intimé par les appelants :

» Attendu que l'intimé devenu, par voie de cession, propriétaire de trois actions dans la Société de Cartignies constituée par l'acte du 27 septembre 1837, pour la recherche de la houille, et appelé comme tel, en vertu de l'art. 3 de cet acte, à opérer des versements de fonds, a évidemment intérêt et qualité pour discuter la légitimité de la société elle-même et la validité des dispositions qui l'assujettissent à ces mises de fonds ; d'où il suit que l'intimé est recevable dans l'action en nullité qu'il intente ;

» En ce qui concerne l'annulation du contrat social du 27 septembre 1837 :

» Attendu que les sociétés organisées pour la recherche de la houille sont de véritables conventions aléatoires dont les effets, quant aux chances de gain ou de perte, dépendent, pour toutes les parties intéressées, de l'événement incertain de la découverte de la houille; que les conventions de ce genre, autorisées par les art. 1104 et 1964 du Code civil, sont valables et doivent être exécutées, à moins qu'elles ne soient viciées par le dol et la fraude;

» Attendu à cet égard qu'aux termes de l'art. 1116 du Code civil, le dol ne se présume pas et doit être prouvé;

» Attendu qu'il ne résulte pas des actes et des circonstances du procès que le dol et la fraude aient présidé à l'acte de Société dont il s'agit; que les clauses de cet acte sont licites et sérieuses; qu'on ne peut reprocher aux fondateurs de s'être attribué des avantages particuliers au détriment de la masse sociale, et que l'intimé ne prouve pas qu'ils se soient frauduleusement concertés pour donner une existence factice à une entreprise illusoire, et vendre ensuite à des tiers des actions sans valeur; que c'est donc mal à propos que les premiers juges ont annulé du chef de dol et de fraude l'acte de société du 27 septembre 1837;

» En ce qui touche la nullité de la cession de trois actions faite à l'intimé le 21 octobre 1837 :

» Attendu, d'une part, qu'il n'est point établi qu'il ait été employé des manœuvres frauduleuses pour amener l'intimé à contracter, et que les faits de la cause ne fournissent en réalité aucun motif suffisant pour annuler un contrat de cession librement consenti par des parties majeures, alors surtout que ce contrat porte sur des actions aléatoires dont la valeur varie chaque jour suivant les espérances ou les probabilités de la découverte plus ou moins prochaine de la houille;

» Attendu, d'autre part, quant à l'erreur sur la qualité intrinsèque et substantielle des actions cédées, que l'intimé n'a pu être trompé ni sur la nature des droits qui lui étaient transmis, ni sur le caractère d'une entreprise dont l'objet n'était pas l'exploitation d'une mine déjà découverte, mais de simples recherches dont l'éventualité restait incertaine;

» Que vainement l'intimé prétend que les actions dont il s'agit ne lui ont point été fournies dans les conditions

permises par l'acte de société ; qu'il résulte, au contraire, des termes de cet acte que la société n'a entendu émettre et n'a réellement émis que des actions dans une association de recherches ; que la mention qui est faite dans l'art. 15 de travaux actuellement commencés et d'une demande en concession formée en 1820 n'a pu induire les actionnaires à compter sur des droits acquis, et n'a eu principalement pour but que de réserver auprès du gouvernement un titre de préférence à l'obtention de la concession ;

» Attendu enfin que l'intimé est, sous tous les rapports, d'autant moins admissible à se plaindre du chef d'erreur, qu'il est formellement stipulé dans l'acte attaqué que la cession est faite à forfait et que le cessionnaire ne pourra exercer aucune action en répétition ni en restitution dans le cas où les recherches n'amèneraient aucun résultat ;

» La cour déclare l'intimé recevable dans l'action par lui intentée ; statuant au fond entre toutes les parties, met le jugement dont est appel au néant ; réformant, déboute l'intimé de sa demande en nullité, tant du contrat social du 27 septembre 1837, que de la cession à lui faite des trois actions dont il s'agit au procès ; le condamne à payer le prix de ladite cession, avec les intérêts à dater du jour de la vente. »

Les magistrats n'ont point vu le caractère de la fraude dans les conventions qui liaient les parties, et ils les ont maintenues. On ne saurait se dissimuler toutefois que les formes de sociétés par actions, appliquées à des recherches de mines, peuvent prêter à beaucoup d'abus. Qu'est-ce qu'une action dans une entreprise de recherches, que représente-t-elle, quand rien ne fait connaître encore qu'une mine existe? La circulation de ces actions, leur vente à prime, ne sont-elles point, en quelque sorte, un commerce de valeurs idéales, et, quelquefois, un appât offert à la crédulité ? Lors même qu'il s'agit d'une mine concédée, il y a encore une part immense à faire pour l'incertitude. Que de chances n'a-t-on pas à courir là où il n'est question que de simples recherches! Quelle confiance peut-on accorder à des promesses, à des annonces que l'événement doit si souvent démentir ?

Dans un écrit (1) qui se recommande par les lumières

(1) Des Sociétés par actions, et des Banques en France ; par M. Em. Vincens, conseiller d'état. Octobre 1837.

de l'auteur et par sa haute expérience. M. Vincens, après avoir signalé les dangers des sociétés par actions, frappé des abus qu'elles peuvent entraîner, est d'avis qu'il conviendrait de réserver aux seules sociétés anonymes, qui ne peuvent s'établir que sous le contrôle et avec l'autorisation du gouvernement, la faculté d'émettre des actions. Il voudrait que l'article 38 du Code de commerce, qui a laissé cette faculté aux sociétés en commandite, fût abrogé. Cette grave question mérite de fixer d'une manière toute spéciale l'attention du législateur.

MINES. — CONCESSIBILITÉ.

Il y a lieu à concession des mines, quel que soit le mode de leur exploitation, à ciel ouvert, ou par puits, galeries et ouvrages souterrains. L'exception faite par l'art. 69 de la loi du 21 avril 1810 ne s'applique qu'au minerai de fer.

Nous avons exposé quelques considérations sur ces questions dans le tome XIV des *Annales des mines*, 3e série, page 525. Deux ordonnances récentes sont intervenues sur le même sujet. Elles sont insérées ci-après, p. 738 et suiv.

MINES.

Les propriétaires du sol n'ont aucun droit à la propriété des mines. Ils ont droit à une redevance qui est à la charge des concessionnaires. Règles diverses sur la fixation de cette redevance.

La concession de la mine de sel gemme faite en 1825, au domaine de l'État, n'est point caduque parce qu'elle n'a point été précédée, dans toutes les localités qu'elle embrasse, d'une instruction spéciale relative à la redevance qui pourra être attribuée aux propriétaires du sol.

Nous avons rendu compte dans un précédent article (1) des discussions qui se sont élevées au sujet de la mine de sel gemme que la compagnie Parmentier voulait exploiter à Gouhenans, dans l'enceinte de la concession faite au domaine de l'État, en vertu de la loi du 6 avril 1825.

On a vu qu'après divers incidents un arrêt de la Cour de cassation du 17 janvier 1835 avait mis fin à ces débats, en rejetant le pourvoi de M. Parmentier contre l'arrêt de la Cour royale de Lyon qui le condamnait à l'amende et ordonnait la cessation immédiate de ses travaux d'extraction. Il fut déclaré que les mines de sel gemme sont soumises au régime des concessions établi par la loi du 21 avril 1810, et que toute entreprise, de la part d'un tiers, d'exploiter du sel à l'état solide ou à l'état liquide dans un périmètre concédé, constitue une contravention passible des peines prononcées par cette loi.

Les mêmes arrêts faisaient réserve au domaine des actions en dédommagement qu'il jugerait à propos d'exercer relativement au sel indûment extrait.

La compagnie des salines et mines de sel de l'Est, comme représentant le domaine, a réclamé de MM. Parmentier et consorts ces dommages et intérêts, et a opéré une saisie en revendication des sels qui se trouvaient dans leurs magasins de Gouhenans.

Le tribunal de Lure a débouté la compagnie de sa demande, et a déclaré la saisie mal fondée.

Le préfet de la Haute-Saône, intervenant au nom de la régie intéressée et du domaine, a interjeté appel devant la Cour royale de Besançon.

Ce magistrat opposait l'exception de la chose jugée, les décisions et arrêts précédemment rendus dans l'espèce, la règle de droit qui veut que toute personne qui s'est attribué une chose qui ne lui appartenait pas soit tenue de la restituer et d'indemniser le propriétaire.

De leur côté, MM. Parmentier et consorts, reproduisant le système qu'ils avaient autrefois soutenu, demandaient qu'il fût déclaré que les mines de sel gemme ne sont

(1) Voir les *Annales des mines*, tome VIII, 3e série, p. 553 et suiv.

point concessibles, que ces mines et les sources salées peuvent être librement exploitées par les propriétaires du sol. Ils requéraient aussi une nouvelle expertise tendant à établir que leurs sondages n'avaient traversé que des terres salifères et non le banc de sel. Enfin ils alléguaient que la concession de 1825 n'avait pu les déposséder, attendu qu'elle n'avait pas réglé les droits des propriétaires de surface dans l'espace concédé.

La Cour de Besançon a jugé n'y avoir lieu de s'arrêter aux deux premiers chefs; mais, accueillant le dernier moyen présenté par MM. Parmentier, elle a déclaré la saisie non valable, en a ordonné main levée et rejeté la demande formée au nom du domaine et de la régie.

Voici les principaux motifs de cet arrêt :

On y considère qu'aux termes du Code civil et de la constitution, nul ne peut être privé de sa propriété que moyennant une juste et préalable indemnité;

Que d'après les dispositions du même Code, le propriétaire de la superficie l'est également du tréfonds;

Que la loi du 21 avril 1810, en autorisant le gouvernement à concéder les mines, abstraction faite de la propriété de la superficie, a imposé aux concessionnaires la double obligation de remplir les formalités exigées pour obtenir les concessions, et de régler préalablement les droits des propriétaires du sol;

Que la loi du 6 avril 1825, qui a autorisé le gouvernement à faire concession au domaine de l'État des mines de sel gemme de l'Est de la France, s'est référée aux prescriptions de la loi de 1810;

Que cette dernière loi imposait aux concessionnaires l'obligation d'indemniser préalablement le propriétaire du sol; que l'acquisition définitive de la propriété souterraine était subordonnée à l'accomplissement de ce fait; que jusque-là le concessionnaire n'avait qu'un droit à devenir propriétaire du gîte minéral, et que l'ancien propriétaire n'était point dépossédé;

Que le domaine n'avait pas été dispensé de cette obligation par l'ordonnance du 21 août 1825 qui lui a fait concession;

Que n'ayant pas néanmoins fait régler l'indemnité de M. Parmentier, les droits de ce dernier n'étaient point

purgés ; qu'ainsi il n'avait pas été dépossédé des mines existantes sous son terrain, et que la compagnie des salines de l'Est ne pouvait en revendiquer les produits.

La compagnie des salines, et le préfet, au nom de l'État, se sont pourvus en cassation.

Cet arrêt, en effet, contenait des déductions excessives des dispositions qui régissent les mines.

Il est bien vrai que la loi du 21 avril 1810 porte que l'acte de concession règle les droits des propriétaires de la surface sur le produit des mines concédées. Aussi est-ce de cette manière que l'on procède dans tous les cas ordinaires ; les demandeurs en concession précisent, dans leur pétition, l'offre qu'ils font à ces propriétaires ; ces derniers sont appelés, par les affiches, à produire leurs observations ou réclamations ; puis l'indemnité est réglée par l'ordonnance royale qui dispose du gîte minéral.

Cependant il ne s'ensuit pas qu'un concessionnaire ne soit point valablement saisi, et que des propriétaires du sol pourront s'attribuer les produits de la mine, parce que l'acte de concession, par une cause quelconque, n'aura point fixé leur indemnité, et aura seulement fait des réserves pour être statué ultérieurement à cet égard.

En premier lieu, les propriétaires du terrain n'ont en aucun cas le droit d'exploiter, s'ils ne sont pas en même temps concessionnaires.

L'article 5 de la loi prohibe expressément ces exploitations.

En second lieu, les concessions de mines ne se font point par voie d'expropriation. Il y a pour l'institution de ces sortes de propriétés des formalités particulières, des règles spéciales. Le principe de l'indemnité préalable ne leur est pas par conséquent nécessairement applicable.

Au premier aspect, les mines sembleraient être des dépendances naturelles du sol, et appartenir aux propriétaires du terrain ; mais, par leur position même et leur nature, elles sont essentiellement distinctes et de la surface et du tréfonds ; ne pouvant se prêter aux divisions des héritages, affectant des allures diverses, n'étant, en général, que des dépôts accidentels au milieu des roches qui les renferment, et où souvent elles sont cachées à une grande profondeur, elles ne peuvent être regardées ni comme des

parties intégrantes du sol, ni comme des fruits naturels ou industriels de la terre; ce sont des choses qui n'appartiennent à personne, *res nullius*, et dont l'État, en tant qu'administrateur suprême de l'intérêt public, dispose à mesure que l'on vient à les découvrir; l'indemnité qui est allouée au propriétaire du terrain n'est pas la représentation expresse d'un droit de propriété sur la mine, mais du droit qu'il a, conformément à l'équité, de participer en quelque manière au bénéfice de la découverte qui a été faite sur ce terrain : à peu près comme le propriétaire dans le fonds duquel un trésor est trouvé est admis à en profiter avec l'inventeur; c'est, en outre, un dédommagement de l'espèce de servitude que la concession fait peser sur son domaine.

La loi de 1791 mettait les mines à la disposition de la nation, mais déclarait que les propriétaires du sol auraient la préférence.

Ce droit disparut dans la législation de 1810, ainsi que nous l'avons dit ailleurs (1). On ne proclama point d'une manière absolue le droit de l'État sur la propriété des mines; mais, d'un autre côté, on se garda bien de l'attribuer aux possesseurs du sol. Le gouvernement devint le dispensateur de cette propriété, mais l'exercice de cette attribution souveraine demeura subordonné à l'accomplissement de diverses formalités, qui toutes ont pour but d'éclairer et de motiver son choix. Ainsi c'est bien réellement la doctrine de la séparation du gîte minéral et du sol qui a prévalu dans la loi de 1810; car cette loi ne reconnaît aux propriétaires aucun droit d'exploiter les mines qui se trouvent dans leurs terrains. C'est la concession seule qui confère la faculté d'exploiter (art. 5); c'est elle qui crée la propriété de la mine (art. 7); c'est le gouvernement qui institue la concession, qui choisit le titulaire, qui juge de la préférence à accorder aux divers demandeurs, qu'ils soient propriétaires du terrain, inventeurs ou autres (art. 5 et 16). Et dans les formalités qui sont prescrites pour ces concessions, il n'y a rien de semblable à celles qui ont rapport aux expropriations : point d'estimation préliminaire, point d'experts, de jury,

(1) Voir les *Annales des mines*, tome XIV, 3e série, p. 529.

appelés à évaluer l'objet dont le gouvernement dispose; point de prix à solder par le concessionnaire avant d'être mis en possession, mais une indemnité dont le taux est fixé administrativement, qui est payable successivement, et qui n'est dans le fait qu'une simple redevance.

D'après les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, cette redevance est fixée par l'acte de concession.

Si elle ne l'a pas été par l'ordonnance de 1825 relative à la mine de sel gemme des départements de l'est, c'est que cette concession se trouvait dans des circonstances tout à fait exceptionnelles; que par son objet même et par les formes qui présidèrent à son institution elle différait essentiellement des concessions ordinaires. Créée en vertu d'une loi spéciale, cette loi autorisait à concéder, par adjudication, pour un temps limité, les salines et les gîtes de sel gemme compris dans dix départements; après quoi le domaine de l'État en aurait été mis en possession. Il était manifestement impossible d'entendre le même jour les propriétaires de ces dix départements, de les appeler à faire connaître les indemnités auxquelles ils pourraient prétendre, de régler ainsi par avance leurs droits. Si la loi a ajouté que la mise en possession du domaine s'opérerait conformément aux dispositions de la loi du 21 avril 1810, cela signifie que le sel gemme n'ayant pas été dénommé dans cette dernière loi, et étant néanmoins reconnu concessible comme mine, la concession devait avoir lieu par application des dispositions législatives relatives aux mines. Mais on ne pouvait ni entendre, ni vouloir que des affiches, des publications, une instruction complète allaient avoir lieu à l'instant et à la fois dans toutes les localités. Dans un pareil système on aurait ajourné indéfiniment la saisine du domaine, on aurait par le fait empêché l'exécution de la loi. Quel est le but des formalités prescrites en matière de concession de mines? De mettre l'administration à même d'apprécier la convenance de la concession, les titres des demandeurs, les limites à fixer. Ici, la loi de 1825 arrêtait toutes ces choses à l'avance; elle décidait que la mine serait concédée, en déterminait l'étendue, désignait le concessionnaire; et si elle prescrivait qu'il y aurait concurrence, ce n'était pas pour l'établissement de la concession, mais uniquement pour l'adjudication emphytéotique qui devait ensuite en être faite. Tous les pro-

priétaires de terrains n'ayant donc point été entendus, n'ayant pu l'être, l'ordonnance du 21 août 1825, qui fit la concession au domaine, procéda de la seule manière qui était possible : elle régla la redevance pour quelques-uns de ces propriétaires, pour ceux dans les terrains desquels l'exploitation était préparée et pouvait être immédiatement entreprise ; puis, elle réserva aux autres propriétaires de faire valoir leurs droits pour y être ultérieurement statué (1).

Ce n'est pas le lieu d'examiner si le privilége conféré au domaine, et par suite à une compagnie, fut un acte de bonne administration. Les changements qui peuvent être réclamés à cet égard ont, depuis plusieurs années, fixé l'attention du gouvernement et occupé les chambres. Mais il est clair que les propriétaires du sol, dans l'enceinte de la concession de 1825, ne seraient en aucune manière fondés à arguer de ce que leur indemnité n'a pas été réglée par l'acte de concession, pour soutenir qu'ils ont le droit d'exploiter, que la mine leur appartient, qu'ils peuvent s'en attribuer les produits.

Les principes que nous venons d'exposer sont ceux que la Cour de cassation a consacrés par son arrêt du 7 août 1839, dont voici le texte :

Entre : 1° le préfet de la Haute-Saône agissant au nom de l'État ; et 2° la compagnie des salines et mines de sel de l'Est, demandeurs en cassation de l'arrêt rendu par la Cour royale de Besançon, le 21 juillet 1836, entre les sus-nommés, d'une part, et... (suivent les noms des défendeurs);

Ouï le rapport de M. de Broé, conseiller ; les observations de MM. Fichet et Moreau, avocats des demandeurs en cassation ; celles de M. Parrot, avocat des défendeurs comparants, et les conclusions de M. Laplagne-Barris, premier avocat général ;

(1) Déjà en 1828 et en 1833 des réclamations avaient été formées par M. Parmentier contre l'ordonnance de 1825, à raison des illégalités qui dans son système auraient vicié cette ordonnance. Ces réclamations furent repoussées par une ordonnance rendue au contentieux, le 3 décembre 1828, et par un arrêt de la Cour de cassation du 28 janvier 1833. Nous avons rapporté ces actes dans le tome VIII des *Annales des mines*, 3e série, p. 553 et suiv.

Après avoir délibéré en la Chambre du Conseil, le tout aux audiences d'hier et d'aujourd'hui;

Vu la loi du 6 avril 1825, et les ordonnances d'exécution des 21 août 1825, 15 septembre 1825 et 2 janvier 1826;

Vu les articles 5, 6, 7, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 42, 93 et 95 de la loi du 21 avril 1810;

Vu les articles 544, 549, 1149 et 1882 du Code civil;

Loi du 6 avril 1825, article unique: «Seront concédées pour 99 ans avec publicité et concurrence, à titre de régie intéressée et pour être réunies dans les mêmes mains: 1° L'exploitation des salines de Dieuze, Moyenvic et Château-Salins, département de la Meurthe; Soultz, département du Bas-Rhin; Saulnot, département de la Haute-Saône; Arc, département du Doubs; Salins et Montmorot, département du Jura; 2° les mines de sel gemme existant dans les départements ci-dessus dénommés, ainsi que dans ceux de la Meuse, de la Moselle, du Haut-Rhin, des Vosges et de la Haute-Marne, dès que le domaine de l'État en aura été mis en possession conformément aux dispositions de la loi du 21 avril 1810.»

Ordonnance du 21 août 1825, art. 1er:

«Il est fait concession au domaine de l'État, pour en jouir en toute propriété conformément à la loi du 21 avril 1810 et à celle du 6 avril 1825, des mines de sel gemme existant dans les départements de..... etc. Cette concession comprend le territoire actuel des dix départements dont la surface est évaluée à 52776 kilomètres carrés.»

Sur le premier moyen:

Attendu que la propriété des mines dérive de la concession qui en est faite par l'autorité publique;

Que cette matière a pour règle les lois qui la régissent et non l'article 552 du Code civil, qui d'ailleurs renvoie lui-même à ces lois;

Qu'il n'y a pas lieu, à raison de la concession de la mine, à agir par expropriation contre le propriétaire de la surface, ni par conséquent à indemnité préalable à son égard;

Qu'il ne lui est attribué par la loi du 21 avril 1810 qu'une redevance proportionnelle en argent portant sur

le produit de la mine et qui est réglée par l'administration ;

Qu'aucune préférence pour la concession n'est même attribuée par cette loi au propriétaire de la surface ;

Que, au cas où la concession est faite à son profit, elle crée pour lui-même une propriété distincte et nouvelle, sur laquelle peuvent être assises des hypothèques également distinctes et nouvelles ;

Que toute exploitation de la mine, avant d'en avoir obtenu la concession, est spécialement prohibée sur son terrain au propriétaire de la surface, et n'est de sa part qu'un acte punissable de peines correctionnelles ;

Qu'il résulte clairement de toutes ces dispositions de la loi du 21 avril 1810, que la propriété de la surface ne confère par elle-même aucun droit privatif et direct sur les mines, et par suite sur les substances qui les composent ;

Attendu que la revendication des sels indûment extraits par Parmentier et compagnie, à Gouhenans, département de la Haute-Saône, avait pour base le titre de propriété résultant, pour le domaine de l'État, de la loi du 6 avril 1825, et de l'ordonnance d'exécution du 21 août suivant, portant concession au domaine de l'État de la mine de sel gemme existant dans dix départements dénommés, dont fait partie celui de la Haute-Saône ;

Que, pour anéantir ce titre de propriété, l'arrêt attaqué s'est uniquement fondé sur ce que l'ordonnance d'exécution du 21 août 1825 ne règle pas elle-même et immédiatement envers les propriétaires de toute la surface des dix départements la redevance proportionnelle à laquelle ils auront droit, suivant la loi du 21 avril 1810 ;

Attendu que la loi du 6 avril 1825 n'impose pas à l'État l'obligation, manifestement impossible, d'ouvrir simultanément des exploitations sur toute l'étendue des dix départements, et n'ordonne pas non plus le règlement immédiat et simultané dont il s'agit ;

Attendu qu'après avoir réglé la redevance à 3 francs par are, à l'égard des propriétaires de la surface des six cent quarante-cinq kilomètres carrés pour lesquels les recherches et opérations subséquentes des inventeurs Thonnelier et compagnie avaient préparé l'exploitation immédiate, et par suite le règlement dont il s'agit, l'ordonnance du

21 août 1825 a formellement réservé, quant aux propriétaires du surplus de la surface des dix départements, tous leurs droits pour le règlement de la redevance, et a déclaré qu'il y serait statué ultérieurement lorsque ces propriétaires auraient été appelés à faire connaître leurs prétentions, conformément à ce que prescrit la loi du 21 avril 1810;

Attendu que la loi du 21 avril 1810 n'a eu pour objet que des concessions perpétuelles à des tiers;

Que si, dans ce cas, l'acte de concession règle immédiatement la redevance à laquelle auront droit les propriétaires de la surface, c'est parce que les formalités d'affiches, publications et délais qui sont prescrites pour l'obtention de la concession, ont elles-mêmes appelé légalement les propriétaires de la surface et les inventeurs à discuter le règlement qui les concerne, et que l'acte de concession qui survient après l'accomplissement de ces formalités, rend non recevables leurs réclamations ultérieures, ainsi qu'il résulte de l'article 17 de cette loi;

Attendu que la concession dont il s'agit dans l'espèce est tout exceptionnelle;

Qu'elle résulte d'une loi spéciale qui a ordonné la concession emphytéotique, à titre de régie intéressée, au profit de l'état, de la mine de sel gemme existant dans l'étendue de dix départements dès que le domaine de l'Etat en aurait été mis en possession;

Que si cette loi s'est référée à la loi de 1810, c'est manifestement pour un cas non prévu par elle, et, par une conséquence inévitable, avec les restrictions qui dérivaient des propres dispositions de la loi spéciale;

Que, d'après cette loi, la mise en possession de l'Etat ne devait et ne pouvait pas être fractionnée;

Qu'en effet ladite loi spéciale ordonne la réunion dans les mêmes mains, par la voie d'une seule et même adjudication publique, des anciennes salines et de la mine de sel gemme, considérée par elle comme une seule et même mine, et qui se composait tant de la partie où les bancs de sel gemme avaient déjà été reconnus par les inventeurs Thonnelier et compagnie, que de la partie où les recherches propres à préparer une exploitation n'avaient pas encore été faites;

Qu'ainsi ladite loi n'a évidemment pas entendu contraindre l'état soit à un règlement immédiat et anticipé

qui ne pouvait pas être fait en connaissance de cause (ainsi que le veut la loi de 1810 elle-même), soit à suspendre indéfiniment sa saisine sur le tout, et par suite l'adjudication publique, à cause de la nécessité de faire un règlement intégral et simultané ;

Attendu que de toutes les dispositions de la loi du 6 avril 1825 il ressort qu'elle a uniquement voulu renvoyer au pouvoir compétent l'accomplissement et la confection de la concession au profit du domaine de l'État et de la compagnie adjudicataire, et aussi conserver aux propriétaires de la surface et aux inventeurs Thonnelier et compagnie le fond de leurs droits suivant la loi de 1810, mais non pas un genre de formes que la loi spéciale avait elle-même rendu sans objet, ni une simultanéité qui était incompatible avec ses propres dispositions ;

Qu'ainsi l'administration publique, chargée par cette loi elle-même d'assurer et d'effectuer la saisine de l'État, a été autorisée à procéder ensuite à l'opération secondaire dont il s'agissait, selon les résultats des recherches ultérieures et l'ouverture des exploitations, mode d'exécution qui d'ailleurs ne portait aucun préjudice aux propriétaires de la surface, puisque, selon la loi de 1810 elle-même, leur droit à la redevance ne s'ouvre que quand il y a une exploitation et des produits ;

D'où il suit qu'en refusant de donner effet au titre légitime et régulier du domaine de l'État et de la compagnie adjudicataire, l'arrêt attaqué a faussement appliqué l'article 552 du Code civil et les articles 6 et 17 de la loi du 21 avril 1810, et a expressément violé la loi du 6 avril 1825, ainsi que les ordonnances d'exécution ci-dessus visées et les articles 544 et 549 du Code civil ;

Sur le deuxième moyen :

Attendu que les dommages et intérêts demandés par le domaine de l'État et la compagnie des salines et mines de sel de l'Est contre Parmentier et compagnie avaient pour objet les sels qui avaient été indûment extraits et vendus antérieurement à la saisie du 5 février 1835 ;

Attendu que cette disposition de la chose d'autrui donnait manifestement ouverture à une action en dommages-intérêts de la part du concessionnaire de la mine, puisqu'il avait été privé de produits qui, en cette matière, sont aussi la chose même ;

Que, pour écarter cette action, l'arrêt attaqué s'est uni-

quement fondé sur la prétendue nullité du titre de propriété de l'Etat ;

En quoi il a commis une seconde violation de la loi du 6 avril 1825 et des ordonnances d'exécution, et a expressément violé les articles 1149 et 1382 du Code civil ;

Sans qu'il soit besoin de statuer sur le deuxième moyen ;

La Cour, donnant défaut à l'égard de..... (suit l'énumération des non-comparants), casse et annule l'arrêt rendu par la Cour royale de Besançon, le 21 juillet 1836 ; remet les parties au même état où elles étaient avant ledit arrêt ; En conséquence ordonne la restitution de toutes les sommes qui auraient été payées en exécution de l'arrêt annulé ; ordonne la restitution de l'amende qui a été consignée par la compagnie des salines et mines de sel de l'Est ; condamne les défendeurs aux dépens, etc.

Nous croyons devoir ajouter ici quelques observations sur l'un des considérants qui précèdent, et d'où il semblerait résulter que le droit des propriétaires du sol à recevoir une indemnité ne s'ouvre jamais qu'au moment où il y a une exploitation sur leurs terrains.

La loi a établi deux sortes d'indemnités distinctes.

L'une, dont il est fait mention dans les articles 43 et 44, est due pour les occupations de terrain qu'exigent les travaux de la mine. Celle-là ne s'ouvre nécessairement que quand le concessionnaire porte ses fouilles sur une propriété, puisqu'elle a pour unique objet de dédommager les propriétaires des dégâts que l'exploitation leur cause.

La seconde indemnité, prescrite par les articles 6 et 42 est destinée à régler les droits de ce même propriétaire, à raison de la concession qui est faite dans leurs terrains. C'est celle dont il est ici question.

Or cette dernière indemnité, la loi laisse la faculté de l'allouer à tous les propriétaires indistinctement qui se trouvent dans l'enceinte de la concession, soit qu'on exploite ou qu'on n'exploite point sous leurs fonds, ou de la réserver aux seuls propriétaires sous les terrains desquels l'exploitation aura lieu.

En effet l'article 6 dispose que l'acte de concession règle les droits des propriétaires du sol sur les produits des mines concédées ; l'article 42, que ces droits sont réglés à une somme déterminée ; mais ils ne s'expliquent point sur le mode qui devra être suivi ; ils n'indiquent pas

si chaque propriétaire, par cela seul qu'il possède un terrain dans l'enceinte d'une concession, devra recevoir une indemnité, ou si elle ne sera due qu'à ceux sous les terrains desquels on exploitera.

La loi ayant laissé cette question indécise, c'est d'après les circonstances propres à chaque espèce qu'il convient de se déterminer.

Aussi, dans les concessions que l'on institue, tantôt on fixe l'indemnité à une rente par hectare de terrain pour toute la surface indistinctement; tantôt elle consiste en une certaine rétribution en argent ou en nature, payable aux seuls propriétaires sous les terrains desquels on exploite, et variable suivant la profondeur des travaux et la puissance des couches exploitées. D'autres fois on stipule ces deux sortes d'indemnités; on alloue une rente par hectare pour toute la surface, et une redevance spéciale pour les terrains sous lesquels l'exploitation aura lieu. Ces diverses dispositions dépendent des difficultés présumées des travaux, de l'étendue de la mine, de son gisement, suivant qu'elle est à la superficie ou située dans la profondeur, des usages locaux, des habitudes de chaque pays, des offres qui ont été faites par les demandeurs, des réclamations qu'elles peuvent avoir suscitées. Et, du reste, une clause de l'ordonnance porte toujours que les conventions qui auraient été faites à ce sujet entre les propriétaires du sol et les demandeurs en concession, devenus concessionnaires, seront exécutées, pourvu qu'elles ne renferment rien de contraire au bon aménagement du gîte. Ce n'est qu'à défaut de ces conventions que la rétribution fixée est applicable.

En général, une indemnité en nature ou en argent pour tous les propriétaires indistinctement semblerait, sous plusieurs rapports, la plus convenable.

C'est ce qu'on a fait en Belgique, par la loi du 2 mai 1837. Cette loi détermine pour les propriétaires de la surface un mode de redevance semblable à celui qui est établi au profit de l'État. Chacun d'eux reçoit comme lui une redevance fixe et une redevance proportionnelle aux produits. Une pareille disposition, bonne en soi, pourrait être trop absolue, si on n'admettait aucune exception. M. Delebecque, dans son ouvrage sur la législation des mines, a fait à ce sujet des observations qui méritent une grande attention.

Il vaut mieux peut-être en cette matière s'abstenir des généralités. Il y a des circonstances où tel mode est préférable à tel autre pour le concessionnaire comme pour les propriétaires. Mais, en tout état de choses, il convient que ces derniers, puisqu'on leur reconnaît des droits, reçoivent une rétribution sérieuse. Il faut, en un mot, chercher toujours à concilier le mieux possible tous les intérêts; il faut être juste pour tous, sans toutefois imposer au concessionnaire des sacrifices qui seraient hors de proportion avec les avantages qu'il doit obtenir.

AFFECTATION AUX USINIERS DES PRODUITS DES MINIÈRES DE FER.

C'est à l'autorité administrative qu'il appartient de statuer sur les discussions relatives à l'usage d'une minière, à la répartition des minerais nécessaires aux besoins des usines.

Les contestations qui concernent le règlement du prix des minerais sont du ressort des tribunaux ordinaires.

D'après les dispositions spéciales auxquelles la loi du 21 avril 1810 a assujetti l'exploitation des minières, c'est à l'autorité administrative qu'il appartient de fixer ce qui a rapport à ces extractions, d'autoriser les maîtres de forges à exploiter aux lieu et place du propriétaire du sol si ce dernier n'exploite pas ou refuse de leur fournir en quantité suffisante le minerai nécessaire à leurs approvisionnements. C'est elle aussi qui détermine, en cas de concurrence entre plusieurs propriétaires d'usines, les proportions suivant lesquelles chacun d'eux pourra extraire ou aura droit à l'achat du minerai, et qui statue sur les questions de voisinage, qui décide, d'après les circonstances locales, et les besoins des usines comment devra être faite la répartition du minerai. Nous avons exposé dans d'autres articles les règles qui sont suivies à cet égard, et rendu compte des décisions qui ont été prises (1).

(1) *Annales des mines*, 3e série, 1837, tomes XI et XII.

La compétence de l'autorité administrative en ces matières dérive de la nature même des choses; car elle seule se trouve en mesure, par suite de la surveillance qu'elle est appelée à exercer sur l'exploitation des substances minérales, d'apprécier ce que peuvent réclamer les besoins des usines, de pourvoir à ce qu'exige sous ce rapport l'intérêt public.

Toutefois, son intervention n'est plus également nécessaire lorsqu'il s'agit de régler l'indemnité due à raison de l'exploitation, de fixer le prix du minerai. On devait laisser les parties libres de faire entre elles de gré à gré cette fixation; et il suffisait, si elles ne tombaient point d'accord, que les contestations fussent, dans ce cas, vidées par des experts qu'elles choisiraient ou qui seraient nommés d'office. C'est ce qu'établissent les articles 65 et 66.

Quant à la nomination des experts et au règlement à prononcer, si l'une des parties n'accepte pas l'estimation qu'ils ont faite, cela est du ressort des tribunaux.

La loi de 1810 porte en effet, au titre IX, que, dans tous les cas où il y a lieu à expertises, on observera les dispositions du titre XIV du Code de procédure civile. D'après l'art. 89 de la même loi, le procureur du roi près le tribunal doit toujours être entendu et donner ses conclusions sur le rapport des experts.

Ainsi, à défaut d'accord, les experts doivent être désignés par l'autorité judiciaire qui statue ensuite d'après les renseignements qu'ils ont fournis.

Il n'existe qu'une seule exception faite par la loi aux dispositions qui précèdent. C'est quand il est question, sur un gîte de fer qui devient l'objet d'une concession, de fixer le prix auquel le concessionnaire devra fournir du minerai à des usines qui s'approvisionnaient à ce gîte avant qu'il fût concédé. Aux termes de l'art. 70, ce prix doit alors être réglé par l'administration, parce que c'est elle qui est appelée à déterminer les conditions et charges de la concession. Mais pour les simples minières, les discussions relatives aux rétributions à payer aux propriétaires pour la valeur du minerai rentrent dans la juridiction des tribunaux ordinaires; et d'autre part, tout ce qui concerne l'exploitation de ces minières, les obligations des propriétaires du sol et les droits des maîtres de forges, est du ressort de l'autorité administrative. La loi, dans ses

prescriptions, a nettement distingué ces deux ordres de choses.

Du reste, pour qu'on puisse dire qu'il y a véritablement concurrence entre plusieurs maîtres de forges sur un même fonds, et qu'il y ait lieu, de la part de l'administration, à décider entre eux, il faut que chacun des concurrents soit possesseur d'une usine autorisée. Un tiers ne pourrait prétendre à jouir du privilége conféré par l'art. 59 lorsqu'il n'est pas encore maître de forges légalement reconnu et qu'il se trouve seulement en instance pour obtenir la permission d'établir une usine. Son droit n'existe pas tant que l'usine n'est point permissionnée ; et d'un autre côté, le propriétaire de la minière ne peut, en conférant à ce tiers la faculté d'exploiter, l'exempter de l'obligation qui lui est imposée par la loi, de fournir du minerai aux usines du voisinage qui ont une existence légale. Il est tenu de subvenir, autant que faire se peut, à leurs approvisionnements, et c'est seulement lorsque ces approvisionnements sont complets qu'il lui est loisible de vendre son minerai à d'autres, d'en disposer comme bon lui semble. Nous avons aussi exposé dans les publications rappelées plus haut les principes relatifs à ces diverses circonstances.

Voici une espèce nouvelle où il y a lieu d'en faire l'application.

M. Dumont, maître de forges dans le département du Nord, exploitait du minerai dans la commune de Beaufort.

L'un des propriétaires du sol, M. Lefranc, traita le 31 janvier 1837 avec MM. Pillion et Destombes, qui sollicitaient alors la permission d'élever une usine dans ces localités, et leur céda la faculté d'exploiter sa minière.

M. Dumont voulut, peu de temps après, porter ses travaux dans ce même terrain.

Sur les réclamations de M. Lefranc, un jugement du tribunal civil d'Avesnes, du 15 juillet 1837, qui fut confirmé le 4 août suivant par la Cour royale de Douai, prononça que M. Dumont n'avait pas le droit d'opérer ainsi des fouilles sans le consentement du propriétaire et sans avoir obtenu la permission, et il lui défendit de continuer ses travaux.

Cependant, une certaine quantité de minerais avait été extraite par M. Lefranc ou ses cessionnaires. M. Dumont,

se fondant sur le privilége accordé aux maîtres de forges par l'art. 59 de la loi du 21 avril 1810, cita M. Lefranc devant le tribunal pour qu'il lui délivrât ces minerais aux conditions qui seraient réglées de gré à gré ou à dire d'experts choisis ou nommés d'office. Ce dernier opposa à cette demande qu'il appartenait à l'administration de statuer.

Un jugement du 10 août rejeta cette exception. Puis, statuant au fond, le tribunal accueillit les conclusions de M. Dumont.

M. Lefranc appela de ce jugement. De leur côté, MM. Pillion et Destombes, qui, dans l'intervalle, avaient obtenu par ordonnance royale du 10 octobre 1837 l'autorisation d'établir leur usine, se joignirent, dans cet appel, à M. Lefranc.

Le 27 août 1838, arrêt de la Cour royale de Douai ainsi conçu :

« Attendu qu'il ne s'agit pas d'une demande en extraction de minerai de fer, mais d'une réclamation, par un maître de forges, du minerai extrait par le propriétaire qui prétend en disposer au préjudice de l'usinier ;

» Qu'un tel débat est de la compétence des tribunaux ordinaires ; que sans doute le maître de forges n'a sur le minerai extrait dans le voisinage de son usine qu'un droit relatif à ses besoins, mais que les besoins de Dumont, seul maître de forges établi dans le voisinage de Beaufort, résultent suffisamment de sa demande et de sa coopération aux travaux d'extraction ;

» Qu'obliger l'usinier, à chaque acquisition qu'il veut faire du minerai extrait, à rapporter la preuve qu'il en a besoin, ce serait exposer l'usine au chômage contre le vœu manifeste de la loi et entraver nécessairement l'industrie si importante du fer ; que ce serait au propriétaire qui prétend que le minerai extrait sur son terrain n'est pas nécessaire au service de l'usine à en apporter la preuve ;

» Attendu, quant à l'intervention, que Pillion et Destombes ne peuvent changer, en l'état, la face de la cause sur appel ; que, cessionnaires, ils ne peuvent convertir une demande formée par un maître de forges contre le propriétaire, en délivrance du minerai extrait, en une question de concurrence entre plusieurs maîtres de forges et de répartition entre eux ; qu'ils le peuvent d'autant moins dans l'espèce, qu'à l'époque de la demande sur laquelle seule la

Cour a à statuer sur l'appel de Lefranc, Pillion et Destombes n'avaient point encore établi de hauts-fourneaux; qu'ils n'avaient pas encore l'autorisation exigée pour cet établissement;

» Par ces motifs, la Cour met l'appellation au néant. »

M. Lefranc s'est pourvu en cassation.

La Cour a, par un arrêt du 13 novembre 1839, rejeté en ces termes le pourvoi :

« Attendu que le procès n'a eu pour objet, ni de contraindre le propriétaire à extraire le minerai nécessaire à l'usine du sieur Dumont, ni d'autoriser le maître de forges à exploiter lui même, ni de déterminer la quantité nécessaire du minerai à extraire, soit par le propriétaire du terrain, soit par le maître de forges, ni de prononcer sur la concurrence entre des maîtres de forges, points soumis à la juridiction administrative par les art. 60, 62 et 64 de la loi du 21 avril 1810;

» Attendu qu'il s'agit seulement d'une demande en délivrance du minerai déjà extrait au prix qui serait amiablement convenu ou réglé par experts, et que les art. 65 et 66 relatifs au règlement du prix du minerai extrait, soit par le propriétaire du terrain, soit par le maître de forges, n'admettent pas la compétence de l'autorité administrative; qu'il en est de même (article 68) du règlement de l'indemnité lors de la remise du terrain après la cessation de l'exploitation;

« Attendu que du silence de la loi sous ce double rapport et de l'absence de toute disposition attributive d'une juridiction spéciale et exceptionnelle, résulte la conséquence de l'application du droit commun qui soumet les citoyens à la juridiction générale des tribunaux ordinaires;

» Attendu d'ailleurs qu'il y a juste sujet de distinguer les questions relatives à l'extraction, à l'exploitation des matières premières, indispensablement nécessaires aux usines, et les questions qui se résolvent en argent : les unes se réfèrent à l'avenir et tiennent à la haute administration; les autres se réfèrent au passé, à un fait accompli; grande est aussi la différence entre le cas d'une concurrence de deux maîtres de forges venant mettre en balance l'activité de leurs usines, leur importance, les besoins qui en résultent, et l'espèce actuelle où il s'agit seulement d'une demande en délivrance du minerai déjà extrait au seul maître de forges du voisinage, suivant le prix qui serait

amiablement et contradictoirement, ou réglé par experts, ainsi que l'a ordonné l'arrêt dénoncé, en quoi il n'a pas excédé les règles de la compétence judiciaire;

» Attendu que de l'obligation imposée par l'article 59 de la loi au propriétaire du terrain d'exploiter le minerai nécessaire aux usines du voisinage, résulte la conséquence que tout le minerai extrait volontairement par ce propriétaire est de droit supposé avoir cette destination, et ne peut pas être refusé aux maîtres de forges; le propriétaire ne peut pas être admis à en disposer à leur préjudice, et en présumant le besoin de l'usine d'après l'extraction antérieure et les autres circonstances de la cause, l'arrêt dénoncé n'a eu d'autre portée que le minerai actuellement extrait, sans préjugés ni conséquences pour l'avenir;

» Attendu que s'il s'agissait d'un propriétaire ne voulant ni extraire le minerai, ni en permettre l'extraction au maître de forges, en prétendant limiter l'extraction par l'appréciation des besoins de l'usine; ou s'il s'agissait d'une concurrence entre plusieurs usines, ce seraient des questions d'appréciation des besoins des usines, de la richesse de la mine, de la superficie à exploiter, de la durée de l'exploitation, questions se présentant sous un point de vue plus vaste, avec une portée plus étendue; c'est le système où se place le demandeur en cassation, ce n'est pas celui de la cause;

« La Cour rejette. »

Les principes posés dans ces arrêts sont au fond, comme on le voit, d'accord avec ceux que professe l'administration. MM. Pillion et Destombes ne pouvaient revendiquer aucun droit sur la minière dont il s'agissait, puisqu'ils n'étaient pas encore permissionnaires d'usines; et la cession que le propriétaire du terrain leur avait faite ne dispensait pas ce dernier de ses obligations envers l'usine du voisinage légalement établie. Quant à la répartition qui serait à régler pour l'avenir entre cette usine et les hauts-fourneaux nouvellement autorisés, le tribunal d'Avesnes avait fait à cet égard toute réserve, en défendant à M. Dumont de poursuivre l'exploitation sur le terrain en litige avant d'avoir obtenu une autorisation. Il avait seulement statué relativement aux minerais déjà extraits.

Mais, sur ce dernier point, on peut remarquer qu'il ne s'agissait pas ici uniquement de discussion sur le prix, sur les conditions de la vente, auquel cas les tribunaux seuls

eussent été compétents. M. Lefranc opposait un refus absolu à l'enlèvement de son minerai, et parce qu'il avait traité avec des tiers, et parce qu'il prétendait que M. Dumont n'en avait pas un besoin réel. La position était, ce semble, entièrement la même que celle d'un propriétaire qui ne veut pas laisser un maître de forges exploiter sur ses terrains ni opérer lui-même les travaux. On rentrait dans les cas prévus par les art. 60, 61 et 62, lesquels portent que si un propriétaire n'exploite pas, s'il restreint ou interrompt son exploitation, c'est-à-dire, en d'autres termes, s'il ne fournit pas tout le minerai que son terrain peut produire, le maître de forges pourra, en prévenant ce propriétaire un mois d'avance, et après qu'il aura été entendu, obtenir du préfet, sur l'avis de l'ingénieur des mines, la faculté d'exploiter. Bien que le minerai fût déjà retiré du sol, c'était, pour le maître de forges, comme si ce minerai se trouvait encore dans la minière même, comme si on l'empêchait de l'extraire, puisque le propriétaire ne voulait pas l'en laisser profiter.

Sans doute l'obligation, imposée par l'art. 59 à tous ceux qui possèdent des minières, de fournir aux usines du voisinage, est une servitude à laquelle ils ne peuvent se soustraire. Sans doute aussi, comme on le voit dans les arrêts précités, les maîtres de forges ne sont pas tenus de justifier de leurs besoins à chaque fois qu'ils se présentent pour acheter le minerai. Cependant si on refuse de le leur vendre, de les laisser s'approvisionner sur la minière, la loi n'a pas voulu que le propriétaire pût être contraint *de plano* et sans formalité préalable. Elle exige qu'il soit entendu, que l'ingénieur des mines donne son avis, que le maître de forges reçoive une permission du préfet. C'est à l'autorité administrative à apprécier, dans toutes les circonstances, les besoins d'une usine. La loi ne l'appelle pas seulement à statuer lorsqu'il y a concurrence entre plusieurs maîtres de forges ; elle veut que chaque propriétaire d'usine, pour avoir la faculté de jouir d'une minière appartenant à autrui, en obtienne la permission, et que cette permission ne soit donnée qu'après l'accomplissement de certaines formalités.

USINES.

Les règlements d'eau étant d'ordre public, l'administration a toujours le droit de modifier le régime des eaux d'une usine de manière à ce qu'il ne soit pas causé de dommages aux riverains.

L'art. 78 de la loi du 21 avril 1810, qui a maintenu les anciens établissements métallurgiques, ne met point obstacle à l'exercice de ce droit règlementaire.

Lorsqu'après une instruction régulière, une ordonnance royale a déterminé les conditions de jouissance d'une usine, il ne peut y avoir lieu, de la part du permissionnaire, à se pourvoir contre ses dispositions par la voie contentieuse.

Une ordonnance royale du 31 mai 1833 autorise MM. Noël frères à conserver en activité une ancienne usine composée d'un haut-fourneau, d'une forge renfermant deux feux d'affinerie, d'un patouillet et d'un bocard, dans la commune de Villecomte, département de la Côte-d'Or, et à joindre à ces usines un second haut-fourneau et un martinet.

Cette autorisation leur a été donnée à la charge d'élargir et d'abaisser le déversoir de l'usine; de construire des bassins pour l'épuration des eaux provenant du lavage du minerai; d'interrompre le roulement des feux de la forge quand les deux hauts-fourneaux seraient ensemble en activité; enfin de payer une somme de 300 francs à titre de taxe fixe pour l'ensemble des ateliers tant anciens que nouveaux.

MM. Noël ont réclamé contre ces dispositions et se sont pourvus en conseil d'état, par la voie contentieuse, en annulation ou réformation de l'ordonnance.

Ils soutenaient que le maintien d'une ancienne usine ne pouvait donner lieu d'imposer des conditions nouvelles, qu'il ne pouvait être question que de faire une reconnaissance et un récollement de l'état de choses existant. Subsidiairement, ils demandaient que l'on modifiât les clauses

qui leur étaient imposées, et qu'à cet effet il fût procédé à un nouvel examen de l'affaire.

L'administration des mines, consultée sur ce pourvoi, a été d'avis qu'il était inadmissible, en la forme et au fond.

L'art. 78 de la loi du 21 avril 1810 a déclaré maintenus les anciens établissements métallurgiques, mais à la charge, pour les propriétaires qui n'auraient point encore eu de permission, de se pourvoir pour en obtenir une. MM. Noël ne produisaient aucun acte administratif qui eût autorisé leur usine. On devait donc, en leur permettant de la conserver, déterminer et fixer les conditions de son existence.

En outre, les règlements d'eau sont d'ordre public. Il est de principe qu'une longue possession sans titre, et même la représentation d'un titre antérieur, ne mettent point obstacle à ce que l'administration règle les conditions de jouissance d'une usine de manière à ce qu'il ne soit porté, dans l'usage des eaux, aucun préjudice aux riverains. Les lois des 12 et 20 août 1790 et 6 octobre 1791 lui ont expressément donné la faculté et lui ont imposé le devoir d'exercer ce droit réglementaire. Quelque ancien que soit l'établissement, le régime des eaux peut toujours être modifié dans l'intérêt public. Depuis longtemps, dans l'espèce, les riverains du Lignon se plaignaient des dommages que leur causait l'usine de Villecomte ; il y avait nécessité de faire droit à ces plaintes en obligeant MM. Noël à élargir et abaisser leur déversoir, et en leur prescrivant de construire des bassins d'épuration, afin que les eaux, après avoir servi au lavage du minerai, vinssent y déposer leur limon et n'altérassent pas la rivière.

Enfin, comme en réglant l'existence des anciens artifices, on autorisait à en ajouter de nouveaux, cette circonstance nécessitait encore la détermination de nouvelles dispositions.

Relativement à la taxe fixe, elle est exigée par la loi du 21 avril 1810, non-seulement pour les nouvelles usines, mais aussi pour les usines anciennes. L'art. 78 de cette loi l'énonce positivement, puisqu'il porte que les anciens établissements pourront même être soumis à payer un triple droit de permission lorsque les propriétaires ne se seront pas pourvus d'une autorisation régulière dans un délai déterminé. Ici l'on n'imposait point à MM. Noël une surtaxe; on ne leur faisait payer qu'un droit simple. Mais en raison

de l'importance de leur usine, des nouveaux artifices qui allaient y être ajoutés, on devait leur imposer le *maximum* déterminé par l'art. 75 de la même loi.

Quant à la forme, le pourvoi était également non-recevable.

En admettant que quelques-unes des clauses prescrites par l'ordonnance pussent être modifiées sans nuire aux intérêts des tiers, cette ordonnance ayant été rendue après une instruction régulière, il ne pouvait y avoir lieu à un recours par la voie contentieuse. MM. Noel devaient adresser au préfet du département une demande dans laquelle ils auraient indiqué les dispositions dont ils désiraient obtenir le changement. Cette demande aurait été soumise à une instruction locale; les tiers auraient été appelés à présenter leurs observations; car il est indispensable qu'ils soient prévenus, en pareil cas, des modifications qui sont demandées; qu'en un mot l'on remplisse les mêmes formalités que s'il s'agissait d'autoriser un nouvel établissement. S'il en était autrement, si l'on pouvait ainsi défaire après coup, sans publicité, sans débats contradictoires, ce qu'une ordonnance a réglé, on rendrait illusoires les informations, les précautions déterminées par la loi dans l'instruction des affaires d'usines.

C'est d'après ces considérations qu'est intervenue, le 1er juillet 1839, une ordonnance royale qui a rejeté les requêtes de MM. Noel (1).

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 719.

ORDONNANCES DU ROI,

ET DÉCISIONS DIVERSES,

Concernant les mines, usines, etc.

DEUXIÈME SEMESTRE 1839.

Ordonnance du roi du 1er juillet 1839, portant rejet des requêtes formées par MM. NOEL frères, contre les dispositions de l'ordonnance du 31 mai 1833, qui les a autorisés à conserver une usine à fer établie à VILLECOMTE (Côte-d'Or), et à y ajouter un haut-fourneau et un martinet.

Usine à fer de Villecomte.

LOUIS-PHILIPPE, etc.

Sur le rapport du comité de législation et de justice administrative;

Vu la requête à nous présentée au nom des sieurs Noël frères, propriétaires, demeurant à Villecomte (Côte-d'Or); ladite requête enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'état, le 25 novembre 1833, et tendant à ce qu'il nous plaise rapporter une ordonnance, en date du 31 mai précédent, par laquelle, en autorisant les requérants à conserver une usine à fer qu'ils possèdent à Villecomte, sur la rivière de l'Ignon, et à y ajouter un haut-fourneau avec un martinet, nous avons imposé aux sieurs Noël diverses obligations, notamment celles d'élargir et d'abaisser le réservoir de cette usine; et de construire divers bassins pour l'épuration des eaux après le lavage du minerai; ladite requête concluant en outre à ce qu'il nous plaise ordonner le maintien pur et simple du haut-fourneau, jadis existant aux usines de Villecomte;

Vu l'ordonnance attaquée;

Vu le mémoire ampliatif et les observations enregistrées les 7 et 27 mars 1834, par lesquels les sieurs Noël concluent

à ce qu'il nous plaise déclarer notre ordonnance du 31 mai 1838 nulle et non avenue ; subsidiairement l'intepréter la disposition relative au déversoir à construire, en ordonnant qu'il sera fait une étude nouvelle de l'affaire, pour prescrire un autre régime des eaux de l'usine ; très-subsidiairement enfin déclarer qu'il y a lieu de réinstruire sur la demande en maintenue des patouillets et bocard, pour établir les conditions obligatoires, à cet égard, devant les tribunaux, et de modifier la taxe imposée aux sieurs Noël, en réservant à ceux-ci le droit de faire valoir leurs titres ;

Vu la requête supplétive enregistrée le 4 mai 1835, par laquelle les sieurs Noël concluent à l'annulation spéciale et formelle des articles 5, 6, 7, 8, 9 et 10 de l'ordonnance du 31 mai 1833, et demandent que les dispositions, par eux prises volontairement en construisant des fossés faisant fonctions de bassins d'épuration, soient déclarées suffisantes ;

Vu la lettre enregistrée le 3 mars, par laquelle notre ministre des travaux publics répond à la communication qui lui a été donnée de cette affaire ;

Vu toutes les pièces produites ;

Vu les lois des 20 août 1790, 6 octobre 1791 et 21 avril 1810 ;

Ouï Mᵉ Tourville, avocat des sieurs Noël ;

Ouï M. Hély-d'Oissel, maître des requêtes, remplissant les fonctions du ministère public ;

Considérant qu'aux termes des lois des 20 août 1790 et 6 octobre 1791, l'administration a le droit et le devoir de régler le régime des eaux des moulins et usines, de manière à ce qu'il n'en résulte préjudice pour personne, et de n'autoriser le maintien des établissements de cette nature situés sur les cours d'eau, que sous les conditions qu'elle juge propres à prévenir ou faire cesser tout dommage public ; que ni la longue possession alléguée par les requérants, ni les dispositions de l'art. 78 de la loi du 21 avril 1810, ne faisaient point d'obstacle à l'exercice de ce droit, et que la question de savoir si d'autres mesures peuvent et doivent être substituées à celles que prescrit notre ordonnance du 31 mai, ne sauraient nous être soumises par la voie contentieuse ;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1ᵉʳ. Les requêtes des sieurs Noël sont rejetées.

Art. 2. Notre garde des sceaux ministre secrétaire d'état au département de la justice et des cultes, et notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 6 juillet 1839, qui autorise des recherches de mines de cuivre dans des terrains appartenant à la commune de Fontpédrouse *et* Pratz-Saint-Thomas (Pyrénées-Orientales).

Recherches de cuivre sur le territoire de Fontpédrouse et Pratz-St-Thomas.

Louis-Philippe, etc.

A tous présents et avenir, salut :

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics ;

Vu la demande adressée, le 12 août 1838, au préfet des Pyrénées-Orientales, par M. le comte Le Peletier-d'Aunay, agissant en son nom personnel et au nom de la compagnie qu'il représente ; ladite demande ayant pour objet d'obtenir la permission de faire des recherches de minerai de cuivre dans des terrains qui appartiennent à la commune de Fontpédrouse et Pratz-Saint-Thomas ;

Le plan produit à l'appui de cette demande, et indiquant le lieu où les travaux doivent être effectués ;

La délibération, en date du 4 octobre 1838, du conseil municipal de Fontpédrouse et Pratz-Saint-Thomas, qui refuse de donner son consentement avant que M. Le Peletier-d'Aunay n'ait payé à la commune une somme de 800 francs pour les dommages causés par de précédentes fouilles ;

Les observations présentées les 20 et 25 octobre, au nom de M. Le Peletier-d'Aunay, et desquelles il résulte qu'il n'accepte pas cette condition ;

L'avis du sous-préfet de l'arrondissement de Prades, du 9 octobre ;

Le rapport de l'ingénieur des mines, du 15 mars 1839 ;

L'avis de l'ingénieur en chef, du 21 du même mois ;

L'arrêté du préfet, du 2 avril ;

L'avis du conseil général des mines, du 16 mai ;

Vu les art. 10, 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810 ;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. M. Le Peletier-d'Aunay et compagnie sont autorisés à exécuter des travaux pour la recherche de mines de cuivre, dans le terrain communal de Fontpédrouse et Pratz-Saint-Thomas, sur toute l'étendue du filon, dit de l'*Estagnol*.

Art. 2. Cette autorisation est accordée pour deux années, à compter du jour de la notification qui aura été faite de la présente ordonnance à la compagnie Le Peletier-d'Aunay.

Art. 3. Les permissionnaires payeront à la commune de Fontpédrouse et Pratz-Saint-Thomas, les indemnités qui seront dues pour occupation de terrains et pour les dégâts occasionnés à la surface. En cas de contestation, ces indemnités seront réglées par le conseil de préfecture, conformément aux art. 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 4. Les permissionnaires ne pourront couper du bois d'aucune espèce dans la forêt de la commune; ils seront responsables des accidents arrivés aux bestiaux, par suite des travaux exécutés, et des délits qui pourraient être commis par les ouvriers pendant la durée de ces travaux.

Art. 5. Ils se conformeront, pour la direction des recherches et la sûreté des ouvriers, aux instructions qui leur seront données par les ingénieurs des mines.

Art. 6. Ils adresseront à la fin de chaque mois, au sous-préfet de l'arrondissement ainsi qu'au maire de la commune, un état de la situation des travaux. Cet état sera accompagné d'un plan, si cela est nécessaire.

Art. 7. En cas de cessation des travaux sans cause reconnue légitime, de contravention aux lois ou règlements, ou d'inexécution des conditions ci-dessus prescrites, la présente permission pourra être retirée sur le rapport des ingénieurs des mines et l'avis du préfet, les permissionnaires préalablement entendus.

Art. 8. Il n'est rien préjugé sur le choix qui pourra être fait ultérieurement du concessionnaire, si l'on vient à découvrir des gîtes concessibles, et tous travaux d'exploitation sont formellement interdits jusqu'à ce que cette concession ait été instituée.

Art. 9. Notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera affichée, pendant un mois, à la

diligence du maire et aux frais de M. Le Peletier-d'Aunay et compagnie, dans la commune de Fontpédrouse et Pratz-Saint-Thomas.

Fait au palais de Neuilly, le 8 juillet 1839.

Signé LOUIS-PHILIPPE.

Par le roi :

Le ministre secrétaire d'état des travaux publics,

Signé DUFAURE

Arrêté du ministre des travaux publics, du 17 juillet 1839, relatif à l'exploitation des carrières de pierre à plâtre de Bussières-les-Belmont *et lieux circonvoisins* (Haute-Marne).

Carrières à plâtre de Bussières-les-Belmont, etc.

Le ministre secrétaire d'état des travaux publics,

Sur le rapport du sous-secrétaire d'état de ce département;

Vu le rapport et le projet de règlement présentés les 8 août 1837 et 20 avril 1839 par les ingénieurs des mines du département de la Haute-Marne;

L'avis du préfet, du 24 avril 1839;

L'avis du conseil général des mines, du 20 juin suivant;

Vu la loi du 21 avril 1810;

Arrête ce qui suit :

Art. 1er. Les carrières de pierre à plâtre exploitées ou à exploiter par travaux souterrains, dans la commune de Bussières-les-Belmont et lieux circonvoisins, arrondissement de Langres, département de la Haute-Marne, seront soumises aux mesures d'ordre et de police ci-après.

Art. 2. Tout propriétaire et entrepreneur qui se proposera, soit de continuer l'exploitation d'une carrière en activité, soit de reprendre les travaux d'une carrière abandonnée ou d'en ouvrir une nouvelle, sera tenu d'en faire la déclaration devant le préfet, par l'intermédiaire du sous-préfet de l'arrondissement et du maire de la commune.

Les exploitants actuels devront faire cette déclaration dans le délai de trois mois.

Art. 3. Ladite déclaration indiquera d'une manière précise le lieu et l'emplacement de l'exploitation, la puissance présumée du dépôt gypseux, l'épaisseur et la nature des terrains qui le recouvrent, la disposition générale des travaux faits ou à faire par puits et galeries, ainsi que les

moyens employés ou projetés pour assurer la solidité des excavations, pour prévenir les accidents tant au dehors qu'à l'intérieur, pour épuiser les eaux et pour extraire les matières.

Elle fera connaître aussi le nombre des ouvriers employés, avec désignation de leurs différentes fonctions.

La déclaration sera accompagnée d'un plan de la surface des terrains à exploiter, indiquant les édifices, habitations, clôtures murées et chemins situés tant sur ces terrains qu'à la distance de trente mètres au moins de leurs limites, et représentant les travaux d'exploitation existants ou projetés. Ce plan sera dressé à l'échelle de deux millimètres pour mètre et divisé en carreaux de dix millimètres de côté, avec des coupes verticales destinées à faire connaître la disposition de la masse exploitée relativement à la surface du sol. Il devra être visé par le maire de la commune et vérifié par l'ingénieur des mines du département.

Art. 4. Faute par lesdits exploitants d'avoir fait la déclaration sus-énoncée, dans le délai prescrit, et d'avoir produit le plan qui doit l'accompagner, le préfet ordonnera la visite de la carrière, par l'ingénieur des mines, et sur son avis et le rapport du maire de la commune, il pourra ordonner que, provisoirement et par mesure de police, les travaux en seront suspendus jusqu'à ce que la déclaration prescrite ait été effectuée ; le tout sauf recours au ministre des travaux publics, et sans préjudice des poursuites qui seront dirigées contre les exploitants, pour cause d'infraction au présent règlement.

Art. 5. Chaque année, dans le courant de janvier, ils adresseront au préfet le plan des travaux exécutés dans le cours de l'année précédente. Ce plan sera dressé à l'échelle de deux millimètres pour mètre, et divisé en carreaux de dix millimètres de côté, de manière à pouvoir être rattaché au plan général, mentionné en l'article 3 ci-dessus, et il sera aussi accompagné des coupes verticales, nécessaires pour faire connaître la position respective des différents ateliers entre eux, et leur relation avec la surface. Il sera visé par le maire et vérifié par l'ingénieur des mines du département. Une expédition de ce plan partiel sera déposée, chaque année, à la mairie de la commune, pour être consultée, au besoin, par les personnes intéressées.

Art. 6. En cas de difficultés qui s'opposeraient à ce que

les plans exigés par les articles 3 et 5, fussent produits dans les délais spécifiés, le préfet, sur la demande des exploitants et après avoir pris l'avis de l'ingénieur des mines, pourra prolonger ces délais.

Art. 7. La surveillance de police, à l'égard des travaux d'exploitation, sera exercée sous l'autorité du préfet, par l'ingénieur des mines ou par un agent sous ses ordres, et concurremment par les maire et adjoint de la commune ou par tout autre officier de police municipale, chacun dans l'ordre de ses attributions, et conformément à ce qui est prescrit par les articles 47, 48, 50, 81 et 82 de la loi du 21 avril 1810, par l'article 40 du décret organique, du 18 novembre 1810, et par les articles 3, 4, 5, 7, 11, 13 et 14 du décret sur la police souterraine du 3 janvier 1813.

Art. 8. Lorsque, par une cause quelconque, l'exploitation compromettra la sûreté publique et celle des ouvriers, la solidité des travaux, la conservation du sol ou des habitations de la surface, les exploitants seront tenus d'en donner immédiatement avis à l'ingénieur des mines, ainsi qu'au maire de la commune.

Art. 9. L'ingénieur des mines donnera, aux exploitants, des instructions sur la conduite de leurs travaux, sous le rapport de la sûreté et de la salubrité publiques. Il informera le préfet de tous les désordres, abus, inconvénients et dangers qu'il aura observés en visitant la carrière, et proposera les mesures d'ordre public et de sûreté, dont il aura reconnu l'utilité ou la nécessité.

Art. 10. Le maire informera aussi le préfet de tous les vices qu'il aurait remarqués dans les travaux, et qui seraient susceptibles d'occasionner des accidents. En cas de péril imminent, il prendra, par provision et sous sa responsabilité, toutes les mesures qu'il jugera propres à faire cesser le danger.

Art. 11. Sur le rapport de l'ingénieur des mines et sur l'avis du maire de la commune, le préfet, après avoir entendu les exploitants, prendra telles mesures qu'il jugera nécessaires, et pourra même prononcer l'interdiction des travaux reconnus dangereux, sauf recours au ministre des travaux publics. En cas d'urgence, l'arrêté du préfet sera exécuté par provision. Des ampliations de cet arrêté seront adressées au maire de la commune, au sous-préfet de l'arrondissement et à l'ingénieur des mines. Une expédi-

tion en sera délivrée aux exploitants et affichée dans un lieu apparent, près de la carrière.

Art. 12. Les exploitants seront tenus de faciliter à l'ingénieur des mines, aux maire et adjoint de la commune, ainsi qu'à tout autre fonctionnaire public ou agent délégué par l'administration, les moyens de visiter et de reconnaître les travaux d'exploitation.

Art. 13. Les exploitants seront personnellement responsables du fait de leurs employés ou ouvriers. Ces derniers devront toujours être porteurs de livrets, conformément à l'article 22 de la loi du 12 avril 1803.

Art. 14. Ils ne pourront abandonner, combler, ni faire ébouler un champ d'exploitation, sans en avoir fait la déclaration au préfet, un mois au moins à l'avance. Le préfet, après avoir fait connaître l'état des travaux, prescrira ce qu'il appartiendra dans l'intérêt de la sûreté publique, sauf tout recours au ministre des travaux publics.

Art. 15. Lorsqu'une société exploitera une ou plusieurs carrières, elle correspondra avec l'autorité administrative, par l'intermédiaire d'un gérant, lequel représentera, vis-à-vis de l'administration, tant en demandant qu'en défendant.

Art. 16. L'exploitation du dépôt gypseux continuera à avoir lieu par puits et galeries.

Art. 17. Les puits seront pratiqués verticalement à partir de la surface du sol. Ils seront muraillés ou boisés solidement dans toutes les parties où ils ne traverseront pas un terrain suffisamment solide. Leur forme, leurs dimensions et leurs distances respectives seront déterminées par le préfet sur la proposition des exploitants, et sur l'avis des ingénieurs des mines.

Art. 18. Les galeries seront pratiquées dans deux directions perpendiculaires, de manière que l'ensemble des vides et des pleins présente l'ouvrage dit en échiquier. Leur pente n'excédera pas 2 millimètres par mètre. Elles auront 5 mètres de largeur au plus et seront séparées par des massifs ou piliers de 4 mètres de largeur au moins. Leur hauteur n'excédera pas 5 mètres, et leur partie supérieure sera terminée en voûte ou berceau prenant sa courbe à 3 mètres du sol.

Art. 19. Les galeries débouchant au jour seront boisées solidement et même voûtées à leur entrée, quand cette

disposition sera reconnue nécessaire, d'après la nature du terrain.

Art. 20. Les déblais seront placés dans les galeries abandonnées, où ils seront tassés jusqu'à leur faîte.

Art. 21. Dans les cas où la puissance de la masse gypseuse serait, dans quelques-unes de ses parties, plus considérable que dans celles qui sont aujourd'hui reconnues, et où par la suite il deviendrait nécessaire d'introduire des modifications dans le mode d'exploitation, il y sera ultérieurement pourvu par le préfet sur les propositions de l'ingénieur des mines du département, et après que l'exploitant aura été préalablement entendu.

Art. 22. Les travaux d'exploitation ne pourront être poursuivis que jusqu'à la distance de 10 mètres, prise horizontalement des bords des chemins à voitures, des édifices et constructions quelconques, et à celle de 5 mètres des terrains dont les propriétaires n'auraient pas consenti à l'exploitation. Dans le cas, toutefois, où il serait reconnu nécessaire de pratiquer une galerie de service à travers un massif réservé, la position et les dimensions de cette galerie seront déterminées par le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 23. Les travaux d'exploitation seront conduits au surplus de manière à ne compromettre, en aucune manière, la sûreté des ouvriers et la conservation des propriétés.

Art. 24. Les contraventions au présent règlement qui seraient commises par les exploitants, et qui auraient pour effet, soit de porter atteinte à la solidité des travaux, soit de compromettre la sûreté publique, celle des ouvriers ou des habitations de la surface, soit d'occasionner des détériorations aux routes et chemins, seront constatées, poursuivies et réprimées par voie administrative, conformément à ce qui est prescrit par les articles 50 et 82 de la loi du 21 avril 1810, par la loi du 29 floréal an X, le décret du 18 août 1810, celui du 16 décembre 1811 sur la grande voirie, et le règlement spécial sur les carrières du 22 mars 1813.

Les procès-verbaux constatant lesdites contraventions seront rédigés par l'ingénieur des mines ou par l'agent sous ses ordres, et concurremment par les autres fonctionnaires publics désignés en l'art. 2 de la loi précitée du 29 floréal an X.

Ces procès-verbaux seront affirmés devant le maire ou l'adjoint du maire et transmis au sous-préfet de l'arrondissement, lequel ordonnera par provision ce que de droit.

Il sera statué par le conseil de préfecture tant sur les oppositions qui auraient été formées par les délinquants, que sur les amendes par eux encourues.

Art. 25. Toutes les autres contraventions au présent règlement seront dénoncées et constatées comme en matière de voirie et de police.

Les procès-verbaux contre les contrevenants seront dressés par l'ingénieur des mines ou par l'agent sous ses ordres, et concurremment par le maire ou par tout autre officier de police judiciaire, selon ce qui est prescrit tant par l'art. 93 de la loi du 21 avril 1810 que par les articles 11 à 21 du Code d'instruction criminelle.

Ces procès-verbaux seront dressés sur papier libre, visés pour timbre, enregistrés en débet et affirmés dans le délai de vingt-quatre heures.

L'affirmation sera reçue, soit par le juge de paix du canton, soit par l'un de ses suppléants, soit enfin par le maire ou par l'adjoint du maire de la commune; le tout conformément à ce qui est prescrit par l'art 11 de la loi du 28 floréal an X sur les justices de paix.

Les procès-verbaux seront adressés en originaux au procureur du roi près le tribunal de police correctionnelle de l'arrondissement, lequel poursuivra d'office les contrevenants, conformément à l'art. 95 de la loi du 21 avril 1810, et requerra contre eux l'application des peines encourues, sans préjudice des dommages-intérêts qui pourront être réclamés par les parties lésées.

Copies de ces procès-verbaux seront transmises au préfet.

Paris, le 17 juillet 1839.

Signé J. DUFAURE.

Machines locomotives.

Ordonnance du 22 *juillet* 1839, *relative aux épreuves des machines locomotives tubulaires* (1).

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics;

(1) Voir ci-après, page 779, les instructions données par M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics, le 23 août 1839.

Vu les ordonnances royales des 29 octobre 1823 et 7 mai 1828, concernant les appareils à vapeur à haute pression ;

Vu l'avis de la commission des machines à vapeur, du 13 juin 1839, relatif aux épreuves à faire subir aux chaudières des machines locomotives tubulaires ;

Considérant qu'il importe de pourvoir aux mesures de sûreté qu'exige l'emploi des machines locomotives ;

Considérant qu'il est possible, sans inconvénient, de les soumettre à des épreuves moins rigoureuses que celles qui sont prescrites par les ordonnances sus-visées pour les appareils à vapeur à haute pression ;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Les chaudières des machines locomotives tubulaires ne seront reçues, à partir du 1er janvier 1840, pour faire le service d'un chemin de fer, qu'après avoir été éprouvées à une pression *double* de la pression *effective* que la chaudière est appelée à supporter, et ce au lieu de la pression *triple* qui est prescrite, pour l'épreuve des chaudières en tôle ou en cuivre des autres machines, par l'ordonnance du 7 mai 1828.

Art. 2. Jusqu'au 1er janvier 1840, les épreuves de réception des nouvelles machines de ce genre pourront être faites à une pression de *moitié* en sus seulement de la pression effective ; mais, passé ce délai, les machines mêmes qui auront été ainsi reçues devront, lorsqu'elles auront subi une réparation importante, être éprouvées à la pression double.

Art. 3. La circulation de toutes machines qui, par suite de l'épreuve, auraient subi des altérations de nature à compromettre leur solidité, sera interdite.

Art. 4. Notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des lois.

Ordonnance du 22 *juillet* 1839, *portant que* M. Thomas aîné *est autorisé*, 1° *à établir, dans la commune de* Givonne, *arrondissement de* Sedan (Ardennes), *sur le ruisseau de* Givonne, *un haut-fourneau marchant au charbon de bois ;* 2° *à maintenir en* Haut-fourneau et usine à fer, à Givonne.

activité l'usine à fer qu'il possède dans la même commune et sur le même cours d'eau.

Cet établissement demeure composé :

D'un feu d'affinerie au charbon de bois ;

D'un feu de chaufferie à la houille, et des machines de compression qui seront nécessaires au roulement de ladite usine ;

Et d'un haut-fourneau marchant au charbon de bois.

Four à fondre le minerai d'antimoine, à Messeix.

Ordonnance du 22 *juillet* 1839, *portant que* MM. BERTHIER frères et Compagnie *sont autorisés à construire, dans la partie de la forêt de* CHAUMADOUX *qui leur a été cédée par l'état, commune de* MESSEIX (Puy-de-Dôme), *un four destiné à fondre le minerai d'antimoine.*

Recherches de minerais de fer, à Fourmies.

Ordonnance du 4 *août* 1839, *qui autorise, à défaut du consentement du propriétaire du sol, des recherches de mines de fer dans un terrain situé sur le territoire de* FOURMIES (Nord).

LOUIS-PHILIPPE, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics,

Vu la demande formée le 8 octobre 1838, par la compagnie des hauts-fourneaux du Nord, tendant à obtenir la permission d'entreprendre des recherches de minerais de fer, sur un terrain appartenant à M. Berteaux, et situé dans la commune de Fourmies, arrondissement d'Avesnes ;

Le plan des lieux ;

La réponse du 30 novembre, de M. Berteaux, à cette demande ;

La lettre de la compagnie, du 3 janvier 1839 ;

Le rapport de l'ingénieur en chef des mines, du 13 février ;

Les nouvelles observations de la compagnie, en date

des 13 février et 13 mai, dans lesquelles elle sollicite, en outre, la faculté d'ouvrir un chemin de charroi dans la même propriété;

L'arrêté du préfet du Nord, du 20 juin;

L'avis du conseil général des mines, du 4 juillet;

Vu l'article 10 de la loi du 21 avril 1810;

Considérant qu'il ne peut être question, quant à présent, que de statuer sur la partie de la demande concernant les recherches à entreprendre dans le terrain de M. Berteaux;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. La compagnie des hauts-fourneaux du Nord est autorisée à opérer des recherches de mines de fer, sur une pièce de terre désignée sous le n° 112 de l'extrait du plan cadastral de la commune de Fourmies, et appartenant à M. Berteaux. Ces recherches seront circonscrites dans une étendue de 37 ares 40 centiares, indiquée sur ledit plan par une teinte rouge.

Art. 2. Elle payera préalablement à ce propriétaire l'indemnité qui pourra lui être due à raison de l'occupation du terrain.

Cette indemnité sera évaluée, quant au mode, suivant les règles établies par la loi du 16 septembre 1807, en se conformant à ce qui est prescrit par les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 3. La compagnie ne pourra étendre ses travaux au delà de deux années, qui commenceront à courir du jour où l'indemnité à payer à M. Berteaux, aura été réglée, soit à l'amiable, soit par le conseil de préfecture.

Art. 4. Elle ne pourra faire des sondages, établir des machines ou magasins, à moins de 100 mètres des habitations ou des clôtures murées.

Art. 5. L'inexécution des conditions ci-dessus prescrites entraînera la révocation de la présente permission.

Art. 6. Il n'est rien préjugé sur le choix qui pourra être fait ultérieurement d'un concessionnaire, pour les mines que les travaux de recherches auraient conduit à découvrir.

Art. 7. Notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics, est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au bulletin des lois.

Ateliers de lavage, à Batterans.

Ordonnance du 4 août 1839, *portant modification de celle du* 27 *décembre* 1826, *qui a autorisé l'établissement d'un haut-fourneau, d'un patouillet et de quatre lavoirs à bras au lieu dit le* MOULIN DU COMTE, *dans la commune de* BATTERANS (Haute-Saône).

(Extrait.)

Art. 1er. MM. Roland frères sont autorisés à établir dans la commune de Batterans, arrondissement de Gray (Haute-Saône), et conformément au plan qui restera joint à la présente ordonnance, un patouillet à deux huches, pour le lavage du minerai de fer, aux lieu et place du moulin dit *du Comte*, situé même commune de Batterans.

L'ordonnance du 27 décembre 1826, qui a déjà autorisé ce patouillet et en même temps quatre lavoirs à bras, est modifiée comme il sera dit ci-après.

Art. 2. Les quatre lavoirs à bras, permissionnés par ladite ordonnance du 27 décembre 1826, sont et demeurent supprimés.

N. B. Ladite ordonnance et celles qui suivent, et qui concernent des établissements destinés au lavage du minerai de fer, contiennent des dispositions spéciales relatives à la construction de bassins pour l'epuration des eaux bourbeuses, sortant de ces ateliers.

Lavoir, commune de Vars.

Ordonnance du 4 août 1839, *portant que* M. le baron MARTIN *est autorisé à établir et tenir en activité un lavoir à cheval pour le lavage des minerais de fer, sur le territoire de la commune de* VARS, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône).

Lavoirs, à Broye-les-Loup.

Ordonnance du 4 août 1839, *portant modification de celle du* 25 *avril* 1828, *qui autorise* mademoiselle ARTAUD, *aujourd'hui* madame DELIGNY, *à*

élever un lavoir à cheval et cinq lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, sur le ruisseau venant de l'étang qui dépend de la métairie de Colonge, *commune de* Broye-les-Loup (Haute-Saône).

(Extrait.)

Art. 2. Les trois lavoirs à bras et le lavoir à cheval établis, les premiers au bas de la chaussée de l'étang de Colonge, et le troisième à 700 mètres environ en aval, seront supprimés et remplacés par un patouillet et un lavoir à cheval construits au bas de la chaussée dudit étang.

L'arbre du lavoir à cheval et celui du patouillet à roue, pourront être mis en communication l'un avec l'autre, afin de permettre aux deux moteurs de s'aider réciproquement, quand besoin sera.

Ordonnance du 4 *août* 1839, *concernant le patouillet et les lavoirs à bras que* MM. de Montangon *et* Dumetz *possèdent sur le ruisseau de* Meures, *dans la commune de* Marrault (Haute-Marne).

Patouillet et lavoirs, à Marrault.

(Extrait.)

Art. 1er. MM. de Montangon et Dumetz sont autorisés à maintenir en activité le patouillet existant sur le ruisseau de Meures, commune de Marrault (Haute-Marne), et à ajouter une seconde huche à cette usine; le tout conformément au plan visé par l'ingénieur des mines le 15 février 1839 et par le préfet le 23 du même mois, et dont une expédition restera annexée à la présente ordonnance.

Art. 2. La partie du ruisseau de Meures dite de *Valzillard*, par laquelle s'écoulent les eaux de la roue du patouillet et celles qui ont servi au lavage du minerai, conservera la largeur en gueule de 1m,65 et celle d'un mètre au fond; on lui donnera la profondeur d'un mètre à partir du niveau naturel du sol.

Art. 3. Dans aucun temps, ni sous aucun prétexte, les eaux de lavage ne pourront être dirigées dans le ruisseau d'Anneville.

Art. 4. Le curage à fond du lit du ruisseau de Valzillard devra avoir lieu, chaque année, dans le cours de l'été,

depuis le patouillet jusqu'à la première rangée de lavoirs appelée *les Saules*. Les marées qui en proviendront ne pourront être déposées que sur les terrains qui seront à la disposition des permissionnaires et en des lieux où elles ne puissent être entraînées par les eaux courantes.

Ce curage sera constaté par l'autorité locale. Il est expressément défendu de remettre le patouillet en activité avant que cette opération n'ait été complétement exécutée.

Art. 5. Les permissionnaires contribueront à l'amiable ou à dire d'experts, au curage de la partie du cours d'eau comprise entre les lavoirs des Saules et la rivière de Marne.

Art. 6. Le lavage du patouillet sera suspendu chaque année, à partir du premier mai jusqu'au premier octobre.

Art. 7. Il le sera aussi toutes les fois que dans le voisinage et en amont du premier groupe de lavoirs, connu sous la dénomination de *rangée des Saules*, le niveau de l'eau dans le ruisseau de Valsillard ne sera plus qu'à 0m,05 en contre-bas des berges.

Art. 8. Les permissionnaires ne pourront tenir que 38 lavoirs en activité, sur la commune de Marrault. Des 57 lavoirs qu'ils possèdent, ils seront tenus d'en détruire onze sur le rang dit des *Girondes* et huit sur celui de la *Marguienne*.

Bocard et patouillet, à Chatonrupt.

Ordonnance du 4 *août* 1839, *portant que* MM. Hippolyte Chagot et Compagnie *sont autorisés à établir un bocard à huit pilons et un patouillet à deux huches pour la préparation du minerai de fer sur la tête d'eau du moulin de* Chatonrupt, *situé sur le ruisseau de* Sommermont, *dans la commune de* Chatonrupt, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne).

Usine à fer de Champlauriers.

Ordonnance du 4 *août* 1839, *portant que* M. Albéric-Jean-Eugène-Aimé, marquis de Marcieu, *est autorisé :*

1° *A conserver et tenir en activité le haut-fourneau*

de Champlauriers, *situé sur la rivière du* Sou, *commune de* Nieuil, *arrondissement de* Confolens (Charente);

2° *A rétablir l'affinerie à deux feux qui existait autrefois auprès de ce haut-fourneau.*

L'usine demeurera composée d'un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer, de deux feux d'affinerie pour la conversion de la fonte en fer forgé, des machines soufflantes et de compression nécessaires, d'un lavoir à minerai, d'un bocard à laitiers et d'un tour.

Ordonnance du 9 *août* 1839, *portant que* M. Philippe Constantin *est autorisé à établir un bocard à huit pilons et un patouillet à deux huches pour la préparation du minerai de fer, aux lieu et place d'un foulon et d'une huilerie qu'il a été autorisé à construire, par l'ordonnance du* 8 *octobre* 1832, *dans sa propriété, au lieu dit* Menonval, *sur la rivière de* Blaiseron, *commune de* Charmes-la-Grande, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne). **Bocard et patouillet, à Charmes-la-Grande.**

Ordonnance du 16 *août* 1839, *portant qu'il est fait concession à* M. Blech-Fries et Compagnie *de mines de houille situées dans les communes de* Champey *et de* Coisevaux (Haute Saône), *et du* Vernois (Doubs). **Mines de houille du Vernois.**

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession du Vernois*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par une ligne droite DE, allant de la borne communale E, située au point de jonction des territoires des communes de Coisevaux, Trémoins et Verlans, à l'angle septentrional D du terrain communal de Coiseveux, dit les Tremblois ;

Au nord-ouest, par une autre ligne droite DA, allant dudit angle septentrional D du terrain communal de Coisevaux, au point A du Ramier, situé sur le ruisseau de Rompré ;

Au sud-ouest, à partir dudit point du Ramier, par la limite séparative AG du territoire du Vernois et des communes de Saulnot et de Desandans ;

Au sud-est, à partir de l'extrémité G du territoire de Desandans, par la limite séparative GF des territoires du Vernois et de la commune d'Aibre, jusqu'à une borne communale F, située au point de jonction des territoires du Vernois et de Champey, d'Aibre et de Trémoins, et par une ligne droite, allant de cette borne F à celle qui est située en E, point de jonction des territoires de Coisevaux, Trémoins et Verlans;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 6 kilomètres carrés, 50 hectares.

Cahier des charges relatif à la concession des mines de houille du Vernois.

(Extrait.)

Art. 7. Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires, devraient se rapprocher de la fontaine du Vernois, à une distance telle que l'on pût craindre pour la conservation des eaux de cette fontaine, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation spéciale du préfet, donnée sur le rapport des ingénieurs des mines, après que le maire, le conseil municipal et les propriétaires intéressés auront été entendus, et après que les concessionnaires auront donné caution de payer l'indemnité exigée par l'art. 15 de la loi du 21 avril 1810. Les contestations relatives, soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'autorisation d'exécuter les travaux pourra être refusée par le préfet, s'il est reconnu que l'exploitation soit de nature à compromettre la sûreté du sol, celle des habitants, ou la conservation des édifices.

Ordonnance du 2 septembre 1839, portant que M. le comte de Chabrillan *est autorisé à établir un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer, sur la tête d'eau du moulin de la* Pille, *situé dans l'intérieur de la forêt de la* Marquisade, *commune d'*Anchamps, *arrondissement de* Rocroi (Ardennes). Haut-fourneau, à Anchamps.

Ordonnance du 14 septembre 1839, qui autorise, au refus du consentement du propriétaire du sol, des recherches de mines de sulfure d'antimoine dans des terrains situés sur le territoire de Violay *et de* Sainte-Colombe (Loire). Recherches de mines de sulfure d'antimoine, à Violay et Sainte-Colombe.

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics;

Vu la demande formée au mois de septembre 1838, par M. Durand-Cœur, pour obtenir la permission de faire des recherches de mines de sulfure d'antimoine dans des terrains situés dans les communes de Violay et de Sainte-Colombe, département de la Loire;

Le plan y joint;

La notification faite de cette demande, le 27 février 1839, aux propriétaires de ces terrains;

Le rapport de l'ingénieur en chef des mines, du 8 juillet 1839;

L'avis du préfet, du 16 du même mois;

L'avis du conseil général des mines, du 8 août;

Vu les articles 10, 11, 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. M. Durand-Cœur est autorisé à opérer des recherches de mines de sulfure d'antimoine dans les terrains indiqués en l'acte extrajudiciaire du 27 février 1839, et qui sont désignés sur l'extrait du plan cadastral annexé à la présente.

Art. 2. Il payera, préalablement à tous travaux, aux propriétaires du sol, l'indemnité qui pourra leur être due à raison de l'occupation de leurs terrains.

Cette indemnité sera évaluée, quant au mode, suivant les règles établies par la loi du 16 septembre 1807, en se conformant à ce qui est prescrit par les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 3. Il ne pourra étendre les travaux au delà de deux années, qui commenceront à courir du jour où l'indemnité à payer aux propriétaires du sol aura été réglée soit à l'amiable, soit par le conseil de préfecture.

Art. 4. Il ne devra faire aucun sondage, établir des machines ou magasins à moins de 100 mètres des habitations ou des clôtures murées.

Art. 5. L'inexécution des conditions ci-dessus prescrites entraînera la révocation de la présente permission.

Art. 6. Cette permission ne préjuge rien sur le choix qui pourra être fait ultérieurement d'un concessionnaire, pour les mines que les travaux de recherches auraient fait découvrir.

Art. 7. Notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Lavoir à cheval, à Frasne-le-Château.

Ordonnance du 14 *septembre* 1839, *portant que* M. de Magnoncourt *est autorisé à établir un lavoir à cheval à deux huches, pour le lavage du minerai de fer, sur un terrain en nature de pré qu'il possède au lieu dit l'*Étang-Meillère, *dans la commune de* Frasne-le-Chateau, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône).

Mines de bitume d'Armentieu.

Ordonnance du 10 *octobre* 1839, *portant concession des mines de bitume d'*Armentieu, *commune de* Bastènes (Landes).

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics;

Vu les demandes tendant à obtenir la concession des gîtes de bitume dans le canton d'Amou, arrondissement

de Saint-Sever, département des Landes, et présentées, savoir :

Le 25 mai 1835, par M. Bertrand Geffroy ;

Le 14 juin, par MM. Meyrac et Thore ;

Le 13 novembre, par M. Charles Lasserre ;

Les plans fournis par les parties ;

Les affiches des 9 juillet et 10 août 1835, et les certificats de publications ;

Les oppositions respectivement signifiées à la requête de MM. Meyrac et Thore, et de M. Lasserre, les 13 août et 13 novembre 1835, et 19 novembre 1836 ;

Les réclamations des maires de Castel-Sarrazin, Bergouey et Bastènes, des 11 novembre 1835, 18 décembre 1836 et 17 janvier 1837 ;

L'acte extrajudiciaire du 29 mai 1837, notifié au nom de MM. Jean-Victor et Adrien-Félix Lasserre, annonçant qu'ils se présentent tant personnellement que comme héritiers de feu M. Lasserre, leur père, pour suivre les effets de la demande formée par ce dernier ;

Le mémoire joint à cet acte ;

La copie certifiée d'une demande adressée au préfet des Landes, le 29 octobre 1837, par MM. Dubignon ;

Leur lettre du 23 novembre 1837, enregistrée à l'administration des mines le 13 janvier 1838 ;

Les procès-verbaux d'enquête des 30 et 31 mai 1838, dressés par les maires de Bastènes et de Gaujac ;

Les demandes en concurrence formées le 7 mai par M. Dibarrart d'Etchegoyen ;

Le 16 du même mois, par divers propriétaires réunis sous le nom de *Société d'Amou ;*

Le 24, par M. le vicomte de Galard ;

Le 6 juin, par M. d'Angoumeau ;

Le 10, par Mme veuve Dufau ;

Les pièces et mémoires produits, tant par les anciens demandeurs que par les nouveaux prétendants ;

Les rapports des ingénieurs des mines des 6 décembre 1837, 22 juin et 30 août 1838 ;

Les avis du préfet des Landes, des 26 décembre 1837, 4 et 6 septembre 1838 ;

Les avis du conseil général des mines, des 8 mars 1838 et 25 avril 1839, tendant à instituer deux concessions sur le territoire de Bastènes et à accorder l'une, sous le nom de *concession d'Armentieu*, à MM. Meyrac et Thore, et

l'autre, sous le nom de *concession de l'Échalassière*, aux héritiers de M. Charles Lasserre;

Notre conseil d'état entendu;

Considérant que, d'après l'article 1er de la loi du 21 avril 1810, « les masses de substances minérales ou fossiles ren» fermées dans le sein de la terre ou existantes à la surface » sont classées, relativement aux règles de l'exploitation de » chacune d'elles, sous les trois qualifications de mines, » minières et carrières; » qu'ainsi le législateur exprime, dès l'abord, qu'il distingue en trois classes ces masses de substances; qu'il donne à chaque classe sa dénomination particulière; qu'il prescrit à chaque classe ses règles particulières et légales d'exploitation;

Que les articles 2, 3 et 4 énumèrent les substances minérales ou fossiles renfermées dans le sein de la terre ou existantes à la surface, qui composent chaque classe; qu'elles sont classées suivant leur importance, qui, elle-même, détermine les règles de l'exploitation;

Qu'aux termes de l'article 2, « sont considérées comme » mines les masses de substances minérales ou fossiles » connues pour contenir en filons, en couches ou en amas, » de l'or, de l'argent, du platine, du mercure, du plomb, » du fer en filons ou couches, du cuivre, de l'étain, du » zinc, de la calamine, du bismuth, du cobalt, de l'arsenic, » du manganèse, de l'antimoine, du molybdène, de la » plombagine ou autres matières métalliques, du soufre, » du charbon de terre ou de pierre, du bois fossile, du » bitume, de l'alun et des sulfates à bases métalliques; »

Qu'ainsi des gîtes contenant du bitume en filons, couches ou amas, sont des mines, et ne peuvent être exploités que conformément aux règles prescrites pour l'exploitation des mines par les titres II, III, IV et V de la loi du 21 avril 1810;

Considérant que le législateur a établi cette classification pour les substances renfermées dans le sein de la terre ou existantes à la surface, sans avoir égard à la forme, aux difficultés et aux dangers de l'exploitation, comme il a compris (article 4) toute une autre classe de substances sous la dénomination de *carrières*, soit qu'elles soient *exploitées à ciel ouvert ou avec des galeries souterraines;*

Considérant que les distinctions de la loi ne sont point arbitraires; que leur objet réel est d'établir que les régimes divers d'exploitation se rapportent, non au mode de gise-

ment des substances minérales, mais à leur nature; qu'autrement les classifications seraient complétement inutiles;

Que si on admettait une autre interprétation, une mine, tantôt serait non concessible, tantôt devrait être concédée, suivant qu'on l'exploiterait à ciel ouvert ou par puits et galeries, circonstances qui peuvent se trouver réunies à l'égard d'un même gîte;

Que le principe de la concessibilité des mines est fondé sur l'expérience, sur la nécessité de préserver leur exploitation des désordres qui, à diverses époques, avaient gravement compromis l'intérêt public, et dont une législation prévoyante devait empêcher le retour;

Considérant que si le fer et l'alun sont classés parmi les mines, il est vrai que les minerais de fer dits *d'alluvion* et les terres alumineuses constituent, suivant l'article 3, de simples minières, mais que cette disposition est spéciale au fer ou à l'alun classés dans de certaines conditions, et n'est pas étendue au bitume; que la spécialité de cette disposition est indiquée avec précision par les développements qu'elle reçoit dans les sections 2 et 3 du titre VII, relatives, l'une *à la propriété et à l'exploitation des minerais de fer d'alluvion*, l'autre, *aux terres pyriteuses et alumineuses;*

Que l'article 69 se trouve également au nombre de ces dispositions spéciales aux minerais de fer, et s'applique à ces minerais exclusivement; que cette exception, dictée par des considérations particulières, consacre par cela même de plus fort le principe général de la concessibilité des mines, quel que soit le mode de leur exploitation;

Que c'est de cette manière que la loi a été appliquée jusqu'ici, notamment pour le manganèse de la Romanèche, département de Saône-et-Loire, pour les schistes bitumineux de Menat, département du Puy-de-Dôme;

Qu'ainsi, bien que le gîte de Bastènes soit exploité à ciel ouvert, bien que tout autre mode d'exploitation y paraisse impraticable, il doit nécessairement être soumis au régime des concessions en vertu de la loi du 21 avril 1810;

Que l'opinion qui tendrait à le considérer comme une minière aurait pour résultat d'introduire dans l'article 2 de ladite loi une distinction arbitraire et périlleuse qui pourrait s'appliquer à toutes les substances que cet article énumère, et d'étendre l'article 3 par une assimilation que rien n'autorise;

Que le gouvernement doit exécuter la loi et ne peut,

par quelque considération que ce soit, la restreindre ni l'étendre;

Considérant au surplus que toutes les formalités prescrites pour les demandes en concession ont été observées,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. Il est fait concession à MM. Victor Meyrac et François-Honoré-Franklin Thore, des mines de bitume comprises dans les limites ci-après définies, commune de Bastènes, département des Landes.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Armentieu*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir:

A l'*est* et au *sud*, par une droite menée du point T du plan, prise à deux cent quatre-vingts mètres à l'est de Tourou, sur le chemin de Bastènes à Bergouey, jusqu'au point U où le ruisseau de Manhourat est coupé par une ligne menée de Tourou à Pinteou;

De ce point U, par le ruisseau de Manhourat, jusqu'au point V, où ledit ruisseau est coupé par le chemin de Mancestat à Bordenave;

De ce point V, par une droite menée au point X, confluent du ruisseau de Castelnau avec le ruisseau de la Tuilerie;

Au *nord-ouest* et à l'*ouest*, à partir du point X par le ruisseau de la Tuilerie, jusqu'à sa rencontre G avec le chemin de Donzac à Baigts;

Puis par une ligne séparative entre les deux concessions d'*Armentieu* et de *l'Échalassière*, et déterminée ainsi qu'il suit:

Par une ligne droite menée du point G au sommet H de l'angle que fait le chemin de Bastènes à Bergouey, qui passe au-dessus des bituminières et par les habitations de Patience, de Bordenave, de Lortigaloun, de Bitumé, de Tourou, etc.; ce sommet d'angle étant déterminé par le point d'intersection, sur le côté nord de ce chemin, de deux lignes droites, dont l'une, passant par l'angle sud-ouest de la maison Bordenave, a, entre cet angle et le sommet H, une longueur d'environ 125 mètres, double de celle mesurée à partir de H, et menée jusqu'au point de rencontre des côtés nord des chemins de Bastènes à Bergouey, et de Patience à Donzac (ce dernier chemin étant celui qui traverse le ruisseau de la Tuilerie, près de la fontaine de Sourian);

De ce point H, en suivant le premier de ces deux chemins jusqu'au point I, sommet de l'angle ouest-sud-ouest de la parcelle n° 446, à Bordenave;

De ce point I, en suivant vers l'ouest les limites de cette parcelle et de celle n° 445 au même, jusqu'au point K, extrémité de ces limites vers le nord;

De ce point K, par une ligne droite menée au point L, commun à la parcelle n° 412, à MM. Meyrac et Thore, et à la parcelle n° 423, aux représentants Lasserre, ce point L étant situé au sud de l'une et l'autre parcelles;

De ce point L, en descendant le lit du petit ruisseau ou le ravin qui sert de limite commune à ces deux dernières parcelles, jusqu'à sa jonction en M avec le ruisseau de la Tuilerie, et remontant ensuite celui-ci jusqu'au point N, où il sort de la commune de Caupenne pour entrer dans celle de Bastènes;

De ce point N, en suivant la limite NO vers l'est, et OP vers le sud, de la parcelle n° 414, aux représentants Dubignon, et la limite PQ vers l'est, de la parcelle n° 452, à MM. Meyrac et Thore, jusqu'au point Q, situé sur le chemin de Bastènes à Bergouey, indiqué plus haut;

De ce point Q, en suivant ce même chemin jusqu'au point de départ T;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quatre-vingt-un hectares.

Art. 3. Il n'est rien préjugé sur l'exploitation des gîtes de tout minerai étranger au bitume qui peuvent exister dans l'étendue de la concession d'Armentieu. La concession de ces gîtes de minerai sera accordée, s'il y a lieu, après une instruction particulière, soit aux concessionnaires des mines d'Armentieu, soit à d'autres personnes. Les cahiers des charges des deux concessions régleront, dans ce dernier cas, les rapports des deux concessionnaires entre eux, pour la conservation de leurs droits mutuels et pour la bonne exploitation des deux substances.

Art. 4 Le droit attribué aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, est réglé à une redevance de neuf centimes par quintal de minerai extrait. Cette redevance sera payée chaque mois, par les concessionnaires, aux propriétaires sur les terrains desquels l'exploitation aura lieu.

Elle ne sera due que pour les minerais qui seront susceptibles, par leur richesse, d'être utilement employés. Ces propriétaires pourront placer à leurs frais un préposé pour vérifier la quantité de minerai sortie de la mine.

Cette rétribution sera applicable toutes les fois qu'il n'existera pas à ce sujet de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface.

S'il existe de telles conventions, elles seront exécutées, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas en opposition avec les règles qui seront prescrites, en vertu de la présente ordonnance, pour la conduite des travaux souterrains, dans la vue d'une bonne exploitation. Dans le cas contraire, lesdites conventions ne pourront donner lieu, entre les parties intéressées, qu'à une action en indemnité, et la rétribution restera déterminée ainsi qu'il est dit au commencement du présent article.

Art. 5. Les concessionnaires payeront en outre, aux propriétaires de la surface, les indemnités déterminées par les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810, pour les dégâts et non-jouissance de terrains occasionnés par l'exploitation des mines.

Art. 6. En exécution de l'article 46 de la loi du 21 avril 1810, toutes les questions d'indemnités à payer par les concessionnaires, à raison de recherches ou travaux antérieurs à la présente ordonnance, seront décidées par le conseil de préfecture.

Art. 7. Les concessionnaires payeront à l'état, entre les mains du receveur de l'arrondissement de Saint-Sever, les redevances fixe et proportionnelle établies par la loi du 21 avril 1810, conformément à ce qui est déterminé par le décret du 6 mai 1811.

Art. 8. Les concessionnaires se conformeront exactement aux dispositions du cahier des charges qui est annexé à la présente ordonnance, et qui est considéré comme en faisant partie essentielle.

Art. 9. Il y aura particulièrement lieu à l'exercice de la surveillance de l'administration des mines, en exécution des articles 47, 49 et 50 de la loi du 21 avril 1810, et du titre II du décret du 3 janvier 1813, si la propriété de la concession vient à être transmise d'une manière quelconque à d'autres personnes par les concessionnaires. Ce cas arrivant, les nouveaux propriétaires de la concession seront tenus de se conformer exactement aux conditions prescrites

par la présente ordonnance et par le cahier des charges y annexé.

Art. 10. A toutes les époques où la concession sera possédée par une société, cette société, lorsqu'elle en sera requise par le préfet, devra justifier, aux termes de l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, qu'il est pourvu, par une convention spéciale, à ce que les travaux d'exploitation soient soumis à une direction unique et coordonnés dans un intérêt commun.

Elle sera pareillement tenue de désigner, par une déclaration authentique faite au secrétariat de la préfecture, celui de ses membres ou toute autre personne à qui elle aura donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre en son nom avec l'autorité administrative, et en général pour la représenter vis-à-vis de l'administration, tant en demandant que défendant.

Art. 11. Dans le cas prévu par l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, où l'exploitation serait restreinte ou suspendue sans cause reconnue légitime, le préfet assignera aux concessionnaires un délai de rigueur qui ne pourra excéder six mois. Faute par les concessionnaires de justifier, dans ce délai, de la reprise d'une exploitation régulière et des moyens de la continuer, il en sera rendu compte, conformément audit article 49, à notre ministre des travaux publics, qui prononcera, s'il y a lieu, le retrait de la concession, en exécution de l'article 10 de la loi du 27 avril 1838, et suivant les formes prescrites par l'article 6 de la même loi.

Art. 12. La présente ordonnance sera publiée et affichée, aux frais des concessionnaires, dans la commune de Bastènes, sur laquelle s'étend la concession.

Art. 13. Notre ministre secrétaire d'état des travaux publics et notre ministre secrétaire d'état des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des lois.

Signé LOUIS-PHILIPPE.

Par le roi : Le ministre secrétaire d'état des travaux publics.

Signé J. DUFAURE.

Mines de bitume de l'Échalassière.

Ordonnance du 10 *octobre* 1839, *portant concession des mines de bitume de l'*Échalassière, *commune de* Bastènes (Landes).

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics;

Vu, etc. (*comme dans l'ordonnance qui précède*).

Notre conseil d'état entendu,

Considérant, etc. (*comme dans l'ordonnance qui précède*),

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. Il est fait concession, aux héritiers de M. Charles Lasserre, des mines de bitume comprises dans les limites ci-après définies, commune de Bastènes, département des Landes.

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de l'Échalassière*, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à notre ordonnance de ce jour, relative à la concession des mines de bitume d'Armentieu, dans la même commune de Bastènes, savoir:

A l'est, par une droite menée du point T du plan pris à deux cent quatre-vingts mètres à l'est de Touron, sur le chemin de Bastènes à Bergouey, jusqu'à la maison dite *le Grand-Lanusse;*

Au nord, par deux droites menées du Grand-Lanusse à Capdoubosq, et de ce dernier point à Lonné;

A l'ouest, par deux droites menées de Lonné à Castenau, et de Castenau au point X, confluent du ruisseau de Castenau avec le ruisseau de la Tuilerie;

Au sud-ouest et *au sud*, à partir du point X, par le ruisseau de la Tuilerie, jusqu'à la rencontre G avec le chemin de Donzac à Baigts;

Puis par une ligne séparative entre les deux concessions d'Armentieu et de l'Échalassière, et déterminée ainsi qu'il suit: (*La suite comme dans l'ordonnance qui précède.*)

Lesdites limites embrassant une étendue superficielle de soixante-huit hectares.

Art. 3. (*La suite jusques et y compris l'art.* 13, *comme dans l'ordonnance qui précède.*)

Ordonnance du 20 octobre 1839, qui autorise des recherches de minerais de fer sur un terrain appartenant à la commune de LA BASTIDE (Pyrénées-Orientales).

Recherches de minerais de fer sur le territoire de La Bastide.

LOUIS-PHILIPPE, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics;

Vu les demandes présentées, les 1er septembre 1835 et 8 juin 1836, par M. André Pujade, à l'effet d'obtenir la permission de faire des recherches de minerais de fer dans des terrains appartenant à la commune de La Bastide, département des Pyrénées-Orientales;

Les délibérations en date du 11 juillet 1836, par lesquelles le conseil municipal déclare refuser son consentement;

Les observations du maire de La Bastide, des 19 et 28 juillet 1837;

Le rapport de l'ingénieur des mines, du 3 octobre 1837, et l'avis de l'ingénieur en chef, du 6 du même mois;

La lettre de l'ingénieur ordinaire, du 26 juillet 1839;

L'arrêté du préfet, du 10 août;

L'avis du conseil général des mines, du 29 dudit mois;

Vu les articles 10, 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. M. André Pujade est autorisé à exécuter des recherches de minerais de fer, sur le territoire communal de La Bastide, dans les limites ci-après désignées, savoir:

Au nord, par une ligne droite, allant de la fontaine del Boutet, au point de jonction du chemin de La Bastide à Arles avec le ruisseau de l'Homme-Mort;

A l'est, par une ligne droite, allant dudit point de jonction au sommet appelé Sarrat de Carol;

Au sud, par une ligne, suivant la crête de la montagne, jusqu'au puig de l'Estelle;

A l'ouest, par une ligne droite, allant du puig de l'Estelle à la fontaine del Boutet, point de départ.

Art. 2. Cette autorisation est accordée pour deux années, à compter du jour de la notification qui aura été faite, de la présente ordonnance, à M. André Pujade.

Art. 3. Le permissionnaire payera, préalablement, à la commune de La Bastide, les indemnités qui seront dues

pour occupations de terrains et pour les dégâts qui seraient occasionnés à la surface ; en cas de contestations, ces indemnités seront réglées par le conseil de préfecture, conformément aux articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 4. M. Pujade se conformera, pour la direction des recherches et la sûreté des ouvriers, aux instructions qui lui seront données par les ingénieurs des mines du département. Il rendra compte, tous les trois mois, de l'état des travaux et du nombre des ouvriers employés. Ce compte sera accompagné, s'il y a lieu, du plan indicatif des travaux.

Art. 5. En cas de cessation des travaux sans cause reconnue légitime, de contraventions aux lois et règlements ou d'inexécution des conditions ci-dessus prescrites, la permission pourra être retirée, sur le rapport de l'ingénieur des mines, le permissionnaire préalablement entendu.

Art. 6. Il n'est rien préjugé sur le choix qui pourra être fait ultérieurement d'un concessionnaire, si l'on vient à découvrir des gîtes susceptibles d'être concédés, et tous travaux d'exploitation sont formellement interdits jusqu'à ce que cette concession ait été instituée.

Art. 7. La présente ordonnance sera affichée pendant un mois, à la diligence du maire et aux frais de M. Pujade, dans la commune de La Bastide.

Art. 8. Notre ministre secrétaire d'état des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Mines de houille d'Athésans.

Ordonnance du 13 *novembre* 1839, *portant qu'il est fait concession à* M. Pierre-Aimé Lissot *des mines de houille situées dans les communes d'*Athésans, Gouhenans, Le Val, La Vergenne, Vouhenans, *arrondissement de* Lure (Haute-Saône).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Athésans*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, *savoir :*

a. Par une ligne menée de l'angle sud de la maison du

sieur Lépine, dite la vigne de Vouhenans, à l'angle oriental de la ferme de la Mairole ;

b. Par deux lignes, l'une menée du dernier point ci-dessus au clocher de La Vergenne, l'autre allant dudit clocher à l'ancien clocher d'Athésans;

c. Par trois lignes, la première menée dudit clocher d'Athésans au pignon sud de la maison du sieur Elion au hameau du Val; la seconde menée du dernier point à l'angle nord de la maison du sieur Jean Quégain, et la troisième partant de ce dernier point et aboutissant au pignon ouest de la maison du sieur Claude-Étienne Devaux, territoire de Vouhenans ;

d. Par une ligne menée du dernier point à la maison Lépine, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de dix kilomètres carrés, quatre-vingt-sept hectares.

Art. 8. Il payera à la succession de feu M. Goirand et à titre d'indemnité, pour la part de celui-ci à l'invention de la mine de houille d'Athésans, la somme de quatre mille francs; cette somme devra être acquittée dans les six mois, à partir de la notification de la présente ordonnance.

A l'égard de la mise de fonds réclamée par la succession de M. Goirand, les parties sont renvoyées à se pourvoir devant qui de droit, si elles ne peuvent la régler à l'amiable.

*Cahier des charges relatif à la concession des mines de houille d'*ATHÉSANS.

(Extrait.)

Art. 22. Dans le cas où il serait reconnu nécessaire à l'exploitation de la présente concession ou d'une concession limitrophe, de mettre en communication les mines des deux concessions, pour l'aérage ou pour l'écoulement des eaux, ou d'ouvrir, dans un point quelconque de la présente concession, des voies d'aérage, d'écoulement ou de secours, destinées au service des mines de la concession voisine, le concessionnaire sera tenu de souffrir l'exécution des ouvrages qui auraient de telles destinations.

Ces ouvrages seront ordonnés par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, le concessionnaire ayant

été entendu, et sauf recours au ministre des travaux publics.

En cas d'urgence et lorsqu'il s'agira seulement de travaux de secours, ces travaux pourront être entrepris sur la simple réquisition de l'ingénieur des mines du département, conformément à l'article 14 du décret du 3 janvier 1813.

Dans tous les cas, le règlement des taxes à imposer à chaque mine pour l'exécution des travaux d'une utilité commune se fera conformément à ce qui est prescrit par la loi du 27 avril 1838. Le refus de payement des taxes donnera lieu, contre le concessionnaire, à l'application de l'article 6 de ladite loi.

Mines d'anthracite du Chabas.

Ordonnance du 13 novembre 1839, portant qu'il est fait concession à MM. Antoine Chabas, Jean-Louis Chabas, Jean-André Barneoud *et* Jean-Claude Frangou, *des mines d'anthracite situées dans les communes de* Briançon *et du* Puy-Saint-Pierre (Hautes-Alpes).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession du Chabas*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par le ruisseau de l'Auche, limite de la concession de Pramorel (instituée par ordonnance du 26 mars 1831), depuis l'intersection dudit ruisseau avec le chemin du bois, limite des communes du Puy-Saint-Pierre et de Briançon, jusqu'à sa jonction avec le canal neuf;

A l'est, par le canal neuf, depuis sa jonction avec le ruisseau de l'Auche jusqu'à son intersection au lieu dit Peyras-des-Bérards, avec la ligne droite qui joint le clocher de Saint-Jean-des-Queyrelles au rocher de Serre-Servoir;

Au sud, par ladite ligne droite, depuis la Peyras-des-Bérards jusqu'au rocher de Serre-Servoir, ligne servant de limite à la concession dite de *Rochasson* (instituée par ordonnance du 17 octobre 1826);

A l'ouest, par une ligne droite menée du rocher de Serre-Servoir à l'intersection du ruisseau de l'Auche avec le chemin du bois, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 40 hectares 45 ares.

Art. 6. Les concessionnaires livreront aux habitants des communes de Briançon *et* du Puy-Saint-Pierre, l'anthracite nécessaire aux usages domestiques, à un prix qui ne pourra excéder 50 centimes le quintal métrique pris au lieu de l'extraction. Au bout de dix ans, et successivement de dix en dix années, ce prix maximum pourra être changé sur la demande des concessionnaires et sur le rapport à l'ingénieur des mines, les conseils municipaux des deux communes ayant été entendus;

En cas de difficultés relatives à la question de savoir quelle sera celle des mines existant sur les communes de Briançon et du Puy-Saint-Pierre à laquelle devront s'adresser les habitants de ces communes, à l'effet d'obtenir leur chauffage au taux de 50 centimes le quintal métrique, il y sera pourvu par le préfet, sur l'avis du conseil municipal et le rapport de l'ingénieur des mines du département.

Art. 13. La présente concession ne confère aucun droit aux concessionnaires pour couper ou faire couper des arbres pour leur usage ou pour leur exploitation dans les bois communaux ou domaniaux existant aux environs ou dans l'intérieur même de leur concession. Les concessionnaires devront tirer les bois d'étançonnage dont ils auront besoin, de leurs propriétés, ou se les procurer par la voie du commerce.

Ordonnance du 13 *novembre* 1839, *portant qu'il est fait concession à* MM. François Chatfraix, Camille Rabusson de la Mothe, Pierre Rigal *et* Jean-Gilbert Dumay, *de la mine de lignite et de schiste carbonifère située dans la commune de* Saint-Alyre-ès-Montagne, *arrondissement d'*Issoire (Puy-de-Dôme).

Mines de lignite et de schiste carbonifère de Boutaresse.

(Extrait.)

Cette concession, qui prendra le nom de *concession de*

Boutaresse, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-ouest, par une droite menée de l'angle sud de la maison Jourde à Boutaresse, au point où le chemin de Montgrelet à Boutaresse traverse le ruisseau du bois de Jassis ;

Au sud-ouest, par une ligne brisée, allant du point précédent à l'angle nord du Buron de Boissière, et de Boissière à la borne communale plantée à l'angle le plus rapproché du communal de Jassis, commune d'Auzat-le-Luguet ;

Au sud, par les communes de Saint-Alyre et d'Auzat-le-Luguet, depuis la précédente borne jusqu'à la fontaine Cantal ;

Au nord-est, par une droite, allant de la fontaine Cantal à la maison Jourde, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 94 hectares.

Art. 4. Le droit attribué aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, est réglé en une redevance proportionnelle au produit de l'extraction, laquelle sera payée par les concessionnaires aux propriétaires des terrains sous lesquels ils exploiteront, et déterminée ainsi qu'il suit :

Pour des couches de 2 mètres de puissance et au-dessus, à ciel ouvert, la redevance sera le 1/4 du produit brut; par puits, jusqu'à 50 mètres inclusivement, le 1/6 ; de 50 à 100 mètres, le 1/8; de 100 à 150 mètres, le 1/10; de 150 à 200 mètres, le 1/12; de 200 à 250 mètres, le 1/14; de 250 à 300 mètres, le 1/16 ; et au-dessus de 300 mètres, le 1/20.

Les fractions diminueront de 1/3 pour les épaisseurs de couches de 2 à 1 mètre, de moitié pour les couches de 1 à 1/2 mètre, et des 3/4 pour les couches au-dessous de 1/2 mètre ; le tout ainsi qu'il est expliqué au tableau ci-après.

Enfin toutes les fractions seront réduites de 1/3, dans le cas où les concessionnaires emploieraient la méthode d'exploitation dite par remblais.

Néanmoins cette réduction n'aura lieu que dans le cas où il sera reconnu que l'application de cette méthode procure au moins l'enlèvement de 5/6 du lignite ou du schiste

carbonifère contenu dans chaque tranche de couche en extraction.

Tableau des redevances.

PROFONDEURS.	PUISSANCE DES COUCHES de 2 mètres et au-dessus.	2 à 1 mètre.	1 à 1/2 mètre.	au-dessous de ½ mètre.
A ciel ouvert.	1/4	1/6	1/8	1/16
Par puits jusqu'à 50 mètres inclusivement.	1/6	1/9	1/12	1/24
— de 50 à 100 mètres.	1/8	1/12	1/16	1/32
— de 100 à 150 mètres.	1/10	1/15	1/20	1/40
— de 150 à 200 mètres.	1/12	1/18	1/24	1/48
— de 200 à 250 mètres.	1/14	1/21	1/28	1/56
— de 250 à 300 mètres.	1/16	1/24	1/32	1/64
— au-dessus de 300 mètres.	1/20	1/30	1/40	1/80

Les nombres portés au tarif ci-dessus, à la colonne intitulée *profondeurs des puits*, expriment les distances verticales qui existent entre le sol de chaque place d'accrochage (ou recette du lignite et du schiste à l'intérieur de la mine), et le seuil bordant à l'extérieur l'orifice du puits, soit que l'extraction s'opère par des puits verticaux, soit qu'elle ait lieu par les puits inclinés connus, dans le département de la Loire, sous le nom de *fendues*.

Les puissances des couches de lignite et de schiste carbonifère portées au tarif, expriment les épaisseurs réunies des différents lits (ou mises) dont se compose une même couche, distraction faite des bancs de rochers intercalés entre ces lits.

Si les propriétaires l'exigent, la redevance leur sera payée

en argent, ensuite de l'estimation de la portion du produit brut qui leur est attribuée.

A défaut d'accord entre eux et les concessionnaires, l'estimation sera faite par experts, conformément aux règles établies par le titre IX de la loi du 21 avril 1810.

La redevance ci-dessus spécifiée sera applicable toutes les fois qu'il n'existera pas à ce sujet de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface. S'il existe de telles conventions, elles seront exécutées, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas en opposition avec les règles qui seront prescrites, en vertu de la présente ordonnance, pour la conduite des travaux souterrains, dans la vue d'une bonne exploitation. Dans le cas contraire, lesdites conventions ne pourront donner lieu, entre les parties intéressées, qu'à une action en indemnité, et la rétribution restera déterminée ainsi qu'il est dit au commencement du présent article.

Forge de Mialet. *Ordonnance du* 13 *novembre* 1839, *portant que* M. Boisset *est autorisé à ajouter à la forge de* Mialet, *qu'il possède sur la rivière de* Loyre, *commune d'*Orgnac, *arrondissement de* Brive (Corrèze):

1° *Un haut-fourneau à fondre le minerai de fer;*

2° *Un lavoir à bras pour la préparation du minerai;*

3° *Un bocard pour les laitiers.*

Mine de houille du Hury. *Ordonnance du* 30 *novembre* 1839, *portant que la renonciation de* M. le comte de Montmarie *et consorts à la concession houillère du* Hury, *commune de* Sainte-Croix (Haut-Rhin), *instituée par ordonnance royale du* 1er *septembre* 1824, *est acceptée.*

Ordonnance du 30 *novembre* 1839, *portant qu'il est permis à* MM. Pillion, Destombes et consorts *de transférer sur le territoire de la commune de* Maubeuge, *au hameau de* Dousies (Nord), *l'usine à fer qu'ils ont été autorisés, par l'ordonnance du* 12 *décembre* 1837, *à établir dans la commune de* Saint-Remy-mal-bati; *que ladite ordonnance de* 1837 *est et demeure rapportée.* Usine à fer, à Maubeuge.

Cette usine sera composée :

1° De deux hauts-fourneaux;

2° De dix fours à pudler;

3° De quatre fours de chaufferie,

4° Et des diverses machines de compression que comporte ladite usine.

Ordonnance du 30 *novembre* 1839, *portant que* MM. Dupont *et* Dreyfus *sont autorisés à construire un second haut-fourneau auprès de celui qu'ils possèdent dans la commune d'*Apremont, *arrondissement de* Vouziers (Ardennes). Haut-fourneau, à Apremont.

Ordonnance du 30 *novembre* 1839, *portant que* MM. Paliopy *et* Ribes fils *sont autorisés à mettre en activité, dans le faubourg de la ville de* Carcassonne, *auprès du cimetière* Saint-Vincent (Aude), *une usine à antimoine qui demeure composée :* Usine à antimoine, à Carcassonne.

1° De trois fours à réverbère, dont deux pour la réduction du minerai grillé et le raffinage du métal, et un pour le grillage du sulfure d'antimoine;

2° Des appareils nécessaires pour la fabrication du kermès et la pulvérisation du minerai grillé.

Ordonnance du 30 *novembre* 1839, *relative à l'établissement d'un patouillet à roue dans la commune de* Poyans (Haute-Saône). Patouillet, à Poyans.

(Extrait.)

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics;

Vu la pétition adressée le 1er mai 1836 au préfet de la Haute-Saône, par M. Adrien Duchon, à l'effet d'obtenir l'autorisation d'établir un patouillet pour le lavage du minerai de fer, sur l'emplacement de l'ancien moulin de Poyans dont il est propriétaire, et qui est situé sur le ruisseau des Fontaines de Poyans, dans la commune de ce nom, arrondissement de Gray;

. . . .

Les deux pétitions de M. Duchon, du 29 août de ladite année (1838), ayant pour objet, la première, d'obtenir la permission d'ajouter un manége à cheval au patouillet projeté, pour suppléer, dans les temps de sécheresse, à l'insuffisance de la force motrice des eaux; la seconde, de prendre possession, en vertu de l'article 80 de la loi du 21 avril 1810, de diverses parcelles de prés nécessaires, selon lui, pour donner l'étendue convenable aux bassins d'épuration;

. . . .

Considérant que les ingénieurs des mines ont constaté la possibilité d'établir sur les terrains appartenant au pétitionnaire des bassins d'épuration d'une capacité suffisante, et que dès lors il n'a pas été nécessaire de donner suite à la demande de M. Duchon du 29 août 1838, tendante à obtenir l'autorisation de prendre possession de diverses parcelles de prés;

Considérant que la demande de M. Duchon, en date du même jour, ayant pour objet d'être autorisé à faire usage dans les temps de sécheresse d'un manége à cheval destiné à suppléer à l'insuffisance du cours d'eau, n'a pas été soumise à une instruction préalable, et que dès lors il n'est possible de statuer aujourd'hui que sur la demande du 1er mai 1836, telle qu'elle a été portée à la connaissance du public;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. M. Adrien Duchon est autorisé à établir, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordon-

nance, un patouillet à roue pour le lavage du minerai de fer, sur l'emplacement d'un ancien moulin détruit, dont il est propriétaire, dans la commune de Poyans, arrondissement de Gray (Haute-Saône).

Ordonnance du 4 décembre 1839, *portant que* M. Bourlon *est autorisé à établir, sur la rivière de* Barse, *au lieu dit le* Pré-Foulon, *commune de* Champs-sur-Barse (Aube) : 1° *deux hauts-fourneaux pour la fusion des minerais de fer ; 2° un bocard avec patouillet pour la préparation de ces minerais.*

Hauts-fourneaux, bocard et patouillet, à Champs-sur-Barse.

Ordonnance du 14 *décembre* 1839, *portant qu'il est fait concession à* MM. Louis Fournier, Antoine Jourdan, Vincent Charbonnel *et* Charles Béguier, *des mines d'anthracite situées dans la commune du* Monestier (Hautes-Alpes).

Mines d'anthracite des Gadjors.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des Gadjors*, est limitée ainsi qu'il suit, savoir :

A partir de l'extrémité septentrionale du lac de Creux, point B du plan, par une ligne droite dirigée sur le sommet du rocher dit la Cée-Haute, mais s'arrêtant au point O, à 600 mètres en deçà de ce rocher ;

De ce point O, par une ligne droite menée à la pointe dite Cée de l'Aiguillette, point C du plan ;

Et de ce point C, par une ligne droite menée à l'extrémité septentrionale du lac de Creux, point de départ;

Lesdites limites formant le triangle BOC du plan, et renfermant une étendue superficielle de 1 kilomètre carré, 34 hectares.

Art. 6. Les concessionnaires, conformément à l'offre qu'ils en ont faite dans leur demande en concession du 24 mars 1836, seront tenus de livrer aux habitants de la commune du Monestier l'anthracite nécessaire à leurs

usages domestiques, au prix de 30 centimes le quintal métrique pris au lieu de l'extraction. Au bout de cinq ans, et ensuite successivement de cinq années en cinq années, ce prix pourra être changé, sur la demande des concessionnaires et sur le rapport de l'ingénieur des mines, le conseil municipal de la commune ayant été entendu.

Art. 13. La présente concession ne confère aucun droit aux concessionnaires pour couper ou faire couper des arbres, pour leur usage ou pour leur exploitation, dans les bois communaux ou domaniaux situés dans l'intérieur de la concession ou dans son voisinage.

Patouillet et lavoirs, à Raillicourt.

Ordonnance du 14 décembre 1839, *portant que* M. Mormeaux *est autorisé à établir un patouillet et deux lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, en remplacement du moulin qu'il possède sur le ruisseau de* Raillicourt, *dans la commune de ce nom, arrondissement de* Mézières (Ardennes).

Usine à fer, à Thaumiers.

Ordonnance du 14 décembre 1839, *portant que* M. le comte de Bonneval *est autorisé à établir, dans le champ de la* Fond, *sur la rive gauche du canal de* Berry, *commune de* Thaumiers, *arrondissement de* Saint-Amand (Cher), *une usine à fondre le minerai de fer à l'aide de charbon de bois, qui sera composée d'un haut-fourneau et d'une soufflerie mue par deux machines à vapeur.*

Ladite ordonnance autorise en outre M. de Bonneval à construire une gare sur le canal de Berry, et à établir un aqueduc sous le plafond dudit canal, pour faire une prise d'eau dans la rivière d'Auzon.

Ordonnance du 14 *décembre* 1839, *qui apporte des modifications aux dispositions de l'ordonnance du* 24 *décembre* 1835, *qui a fixé le régime des eaux de la tréfilerie établie par* M. et madame d'Osmond, *dans l'intérieur de la ville de* Donzy, *arrondissement de* Cosnes (Nièvre). Tréfilerie de Donzy.

Ordonnance du 20 *décembre* 1839, *portant que* MM. Dubost frères *sont autorisés à établir un patouillet pour le lavage du minerai de fer, à côté du moulin de la* Filerie, *et dans le terrain qu'ils tiennent à bail de* M. le comte d'Orsay, *commune de* Vy-les-Rupt, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône). Patouillet, à Vy-les-Rupt.

(Extrait.)

Le bénéfice de la présente ordonnance sera acquis à M. le comte d'Orsay, à l'expiration du bail consenti par lui à MM. Dubost, sous la condition de se conformer exactement aux dispositions qu'elle prescrit.

Ordonnance du 20 *décembre* 1839, *portant que* MM. André frères, *fermiers du haut-fourneau de* Morley, *sont autorisés à établir un bocard à mines avec patouillets accessoires, sur une dérivation de la rivière de la* Saulx, *dans la commune de* Morley, *arrondissement de* Bar-le-Duc (Meuse). Bocard et patouillets accessoires, à Morley.

Ordonnance du 20 *décembre* 1839, *portant que* M. Jobard *est autorisé à reconstruire le haut-fourneau qui existait autrefois sur la forge dont il est propriétaire, sur la rivière de la* Vingeanne, *commune de* Loeuilley, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône). Haut-fourneau à Loeuilley.

Usine à fer, à Nouzon.

Ordonnance du 20 décembre 1839, portant que M. Dertelle-Potoine *est autorisé à établir, sur la tête d'eau des anciens moulins de* Nouzon, *commune de ce nom* (Ardennes), *une usine à fer renfermant :*

Un feu d'affinerie au charbon de bois ;
Un four à pudler ;
Une chaufferie,
Et les machines de compression nécessaires au roulement habituel de l'usine.

(Extrait.)

Art. 11. Le permissionnaire sera tenu d'avoir un compte ouvert au bureau de la douane de Nouzon. Il se soumettra aux visites et recensements que les employés des douanes jugeront à propos de faire dans son établissement, sans que ceux-ci soient tenus de se faire accompagner d'un officier municipal.

Usine à fer de l'Espérance, à Nouzon.

Ordonnance du 20 décembre 1839, portant que M. Dertelle-Potoine *est autorisé à ajouter un second feu d'affinerie alimenté au charbon de bois, à l'usine à fer de l'*Espérance, *située dans la commune de* Nouzon (Ardennes).

(Extrait.)

Art. 8. (Même condition que celle de l'article 11 de l'ordonnance ci-dessus.)

Patouillet et lavoir, à La Chapelle-St-Quillain.

Ordonnance du 29 décembre 1839, portant que M. Joseph Gauthier *est autorisé à établir un patouillet et un lavoir à cheval pour le lavage du minerai, près du moulin dit* du Dessus, *qu'il possède dans la commune de* la Chapelle-Saint-Quillain, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône).

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

ORGANISATION DE CE MINISTÈRE. — ATTRIBUTIONS DU SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT.

Arrêté de M. le ministre secrétaire d'état au département des travaux publics, du 2 octobre 1839, portant organisation de ce département.

Nous, ministre secrétaire d'état au département des travaux publics, avons arrêté les dispositions suivantes :

Art. 1er. L'administration centrale du ministère des travaux publics forme six divisions :

1° La division du secrétariat général et du personnel;

2° La division des routes ;

3° La division des ports et travaux maritimes, de la navigation et des usines ;

4° La division des mines;

5° La division des monuments publics et des bâtiments civils;

6° La division de la comptabilité.

Art. 2. La première division se compose de deux bureaux :

1° Le bureau du secrétariat général ;

2° Le bureau du personnel.

Art. 3. La seconde division se compose de deux sections :

1° La section des routes et ponts;

2° La section des chemins de fer et de la police du roulage.

La section des routes et ponts forme deux bureaux :

1° Le bureau septentrional;

2° Le bureau méridional.

Art. 4. La troisième division comprend une seule section :

Cette section se compose de trois bureaux :

1° Le bureau des ports et travaux maritimes;

2° Le bureau de la navigation ;

3° Le bureau des usines et de l'approvisionnement de Paris.

Art. 5. La quatrième division comprend deux bureaux, dont les attributions resteront provisoirement réglées

conformément à l'arrêté du 13 novembre 1838 (1).

Art. 6. La cinquième division contient une seule section.

Cette section est divisée en deux bureaux :

1° Le bureau de l'exécution des travaux ;

2° Le bureau des comptes des travaux.

Art. 7. La sixième division se compose de trois bureaux :

1° Le bureau des liquidations et de la correspondance ;

2° Le bureau de l'ordonnancement ;

3° Le bureau des écritures centrales.

Art. 8. L'administration centrale du ministère des travaux publics comprend, indépendamment du ministre, du sous-secrétaire d'état et de leurs cabinets particuliers :

1° Des chefs de division ;

2° Des chefs de section ;

3° Des chefs de bureau ;

4° Des sous-chefs de bureau ;

5° Des rédacteurs ;

6° Des expéditionnaires.

Art. 9. Les emplois de chefs et de sous-chefs de bureau se divisent en deux classes.

Les emplois de rédacteurs et d'expéditionnaires se divisent en trois classes.

Art. 10. Dans chaque bureau, un employé (rédacteur ou expéditionnaire) aura le titre de commis d'ordre.

Art. 11. Les traitements des fonctionnaires et employés du ministère des travaux publics sont fixés ainsi qu'il suit :

Chefs de division.	10.000 francs.
Chefs de section.	7.000
Chefs de bureau de 1re classe. . .	5.500
— — de 2e classe. . .	4.500

(1) Arrêté de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, du 13 novembre 1838.

Art. 1er. La division des mines sera composée de deux bureaux.

Art. 2. Le premier bureau sera chargé des attributions ci-après : Recherche et concession des mines ; études de terrains, topographies souterraines ; surveillance et police des mines ; minières, tourbières, carrières ; sociétés anonymes et autres ; secours, encouragements ; machines à vapeur, bateaux à vapeur, etc.

Art 3. Le deuxième bureau sera chargé des attributions ci-après : Usines métallurgiques ; réunion des documents statistiques sur les mines et usines ; comptes rendus ; annales des mines ; carte géologique de la France, cartes géologiques départementales ; collections géologiques et minéralogiques ; laboratoires de chimie ; redevances des mines ; questions de douanes, d'octroi ; questions techniques, etc.

Sous-chefs de bureau de 1re classe.	3.500 francs.
— — de 2e classe.	3.000
Rédacteurs de 1re classe.	2.500
— de 2e classe.	2.150
— de 3e classe.	1.800
Expéditionnaires de 1re classe. . .	1.500
— de 2e classe. . .	1.200
— de 3e classe. . .	900

Art. 12. Le personnel de l'administration centrale sera réglé par un arrêté spécial, conformément aux bases déterminées par les articles précédents.

Fait à Paris, le 2 octobre 1839.

Signé J. DUFAURE.

Arrêté du 3 octobre 1839, qui règle les titres et fonctions du personnel de l'administration centrale du ministère des travaux publics.

Nous, ministre secrétaire d'état au département des trvaux publics,

Vu notre arrêté du 2 du présent mois,

Avons arrêté et arrêtons ce qui suit :

Art. 1er. Les titres et fonctions du personnel de notre administration centrale sont réglés ainsi qu'il suit :

PREMIÈRE DIVISION.

Secrétariat général et personnel.

M. ROBIN, chef de division.

1er BUREAU (*secrétariat général*).

MM.
Goujon, sous-chef de bur. de 1re cl.
Robert, garde des archives, ayant rang de sous-chef de 1re cl.
Caulet, rédacteur de 1re cl.
Coutin, rédacteur de 2e cl.
Rigo, rédacteur de 3e cl.

MM.
Dillé, rédacteur de 3e cl., commis d'ordre.
Gastaldy, expéditionnaire de 2e cl.
Hannoy, expéditionnaire de 3e cl.
Denieau, expéditionnaire de 3e cl.
Buchère, expéditionnaire de 3e cl.

2e BUREAU (*personnel*).

MM.
DUVAL, chef de bureau de 2e cl.
Bizé, rédacteur de 1re cl.
Panet, rédacteur de 1re cl.
Chèze de Cahagne, rédact. de 2e cl.
Gout, rédacteur de 3e cl.
Verrier, rédacteur de 3e cl.

MM.
Duval (Georges), rédacteur de 3e cl., commis d'ordre.
Jaunon, rédacteur de 3e cl.
Marchand, expéditionnaire de 2e cl.
Prévost, expéditionnaire de 2e cl.
Giannetti, expéditionnaire de 3e cl.

DEUXIÈME DIVISION.

Routes.

1re SECTION (*routes et ponts*).

M. BOULAGE, chef de section.

1er BUREAU (*septentrional*).

MM.
Mitantier, chef de bureau de 2e cl.
Laleu, sous-chef de bureau de 2e cl.
Thirion, rédacteur de 1re cl.
Potey, rédacteur de 2e cl.

MM.
Gauthier, rédacteur de 3e cl.
Best, rédacteur de 3e cl.
Garousse, expéditionnaire de 1re cl.
Géraldy, expéditionnaire de 1re cl.

2e BUREAU (*méridional*).

MM.
Bigarne, chef de bureau de 1re cl.
Heudelet, rédacteur de 1re cl.
Azémar, réd. de 1re cl., commis d'ord.
Duplessix, rédacteur de 2e cl.

MM.
Chapplain, rédacteur de 2e cl.
Challot, rédacteur de 3e cl.
Lagarrigue, expéditionnaire de 1re cl.
Danguel, expéditionnaire de 1re cl.

2e SECTION (*chemins de fer et police du roulage*).

M. DE BOURREUILLE, chef de section.

MM.
Thomas (Hector), sous-chef de bureau de 1re cl.
Ostrowski, rédacteur de 2e cl.
Liège, expéditionnaire de 1re cl.

MM.
Suchorski, expéditionnaire de 1re cl.
Dessigny, expéditionnaire de 2e cl.
Danssy, expéditionnaire de 3e cl.
Bouchareinc, expéditionnaire de 3e cl.

TROISIÈME DIVISION.

Ports et travaux maritimes, navigation et usines.

M. DE FRANQUEVILLE, chef de section.

1er BUREAU (*ports et travaux maritimes*).

MM.
Thomas (Auguste), sous-chef de bureau de 2e cl.
Laurent, réd. de 3e cl., comm. d'ord.

MM.
Monsel, expéditionnaire de 1re cl.
Caulet fils, expéditionnaire de 2e cl.

2e BUREAU (*navigation*).

MM.
Ravinet, chef de bureau de 1re cl.
Perrin, rédacteur de 1re cl.
Girault, rédacteur de 2e cl.
Duguet, rédacteur de 2e cl.

MM.
Pilorge, réd. de 2e cl., comm. d'ord.
Bénard, rédacteur de 3e cl.
Baudoux, expéditionnaire de 3e cl.
Barbié, expéditionnaire de 3e cl.

3e BUREAU (*usines et approvisionnement de Paris*).

MM.
Marchal, chef de bureau de 1re cl.
Chahuet, sous-chef de bureau de 1re cl.
Planterre, rédacteur de 1re cl.

MM.
Nanta, rédacteur de 3e cl.
Planterre fils, expéditionnaire de 1re cl. commis d'ordre.
Girard, expéditionnaire de 1re cl.

QUATRIÈME DIVISION.

Mines.

M. DE CHEPPE, chef de division.

1er BUREAU.

MM.
Jabineau, chef de bureau de 2e cl.
Teinturier, sous-chef de bureau de 2e cl.

MM.
Regnaud, expéditionnaire de 1re cl., commis d'ordre.
Boudville, expéditionnaire de 2e cl.

2e BUREAU.

MM.
Salomon, chef de bureau de 1re cl.
De Chevannes, rédacteur de 1re cl.

MM.
Deloche, rédacteur de 2e cl.
Denne-Baron, expéditionnaire de 2e cl., commis d'ordre.

CINQUIÈME DIVISION.

Bâtiments civils et monuments publics.

M. VATOUT, directeur.

M. DE NOUE, chef de section.

1er BUREAU (*exécution des travaux*).

MM.
Hermel, chef de bureau de 2e cl.
Camus, rédacteur de 1re cl.
Huet, réd. de 1re cl., commis d'ord.

MM.
Doublet, rédacteur de 3e cl.
Maygrier, expéditionnaire de 3e cl.
Soulange-Bodin, expédit. de 3e cl.

2e BUREAU (*comptes des travaux*).

MM.
Paillet, chef de bureau de 2e cl.
Langrais, expéditionnaire de 1re cl.

MM.
Cardaillac, expéditionnaire de 3e cl.

SIXIÈME DIVISION.

Comptabilité.

M. GAUTIER-DAGOTY, chef de division.

1er BUREAU (*liquidations et correspondances*).

MM.
Marin, chef de bureau de 1re cl.
Fournier, sous-chef de bur. de 2e cl.
Moynier, rédacteur de 1re cl.
Pasquier, rédacteur de 1re cl.
Lebreton, rédacteur de 2e cl.

MM.
Locoge, rédacteur de 3e classe.
Gilbert, rédacteur de 3e cl., commis d'ordre.
Dufresne, expéditionnaire de 2e cl.
Moynier fils, expéditionnaire de 3e cl.

2e BUREAU (*ordonnancement*).

MM.
Bezinge, sous-chef de bureau de 2e cl.
Feine, rédacteur de 1re cl., agent spécial.

MM.
Girard, rédacteur de 3e cl.
Maury, expéditionnaire de 2e cl., commis d'ordre.

3e BUREAU (*écritures centrales*).

MM.
Oudan, sous-chef de bureau de 1re cl.
Simonnet, rédacteur de 3e cl., commis d'ordre.

MM.
Truchot, expéditionnaire de 1re cl.
Cavenne, expéditionnaire de 1re cl.
Camus, expéditionnaire de 2e cl.

Art. 2. Le chef de la cinquième division conservera le titre de directeur des bâtiments civils et des monuments publics, et continuera, en cette qualité, de présider le conseil des bâtiments civils.

Art. 3. Les traitements nouveaux ou augmentations de traitement résultant du présent arrêté et de notre arrêté du 2 octobre, seront demandés aux chambres par un projet de loi spécial, et ne pourront courir qu'à dater du 1er janvier 1840.

Les fonctionnaires et employés dont le traitement est supérieur au traitement normal le conserveront.

Signé J. DUFAURE.

Arrêté du 19 *octobre* 1839, *qui règle définitivement les attributions du sous-secrétaire d'état des travaux publics.*

Nous, ministre secrétaire d'état au département des travaux publics,

Vu le décret du 25 août 1804,

L'ordonnance du 8 juin 1832,

L'arrêté du ministre du commerce et des travaux publics, du 25 juin 1832 (1),

L'ordonnance du 18 mai 1839, et notre arrêté provisoire du 27 du même mois (2);

Voulant régler définitivement les attributions du sous-secrétaire d'état des travaux publics,

Avons arrêté ce qui suit :

Art. 1er. Conformément à l'ordonnance du 18 mai 1839, le sous-secrétaire d'état des travaux publics préside, en l'absence du ministre, les conseils généraux des ponts et chaussées et des mines.

Il préside les sections et les comités de ces conseils;

Il administre les écoles dépendant de notre ministère.

Art. 2. Il exerce, en ce qui concerne le personnel des ingénieurs des ponts et chaussées et des ingénieurs des mines, les attributions qui étaient dévolues au directeur général des ponts et chaussées et des mines.

---

(1) Tome XV des *Annales des mines*, 3e série, page 750.

(2) *Idem.*

Il désigne à notre choix les fonctionnaires et employés dépendant du ministère des travaux publics et dont les appointements excèdent 1400 francs, à l'exception de ceux qui ressortissent de la cinquième division de l'administration centrale, et qui nous sont proposés par le directeur des monuments publics.

Il nommera les agents et employés dont les traitements n'excèdent pas 1400 francs. Ne sont pas compris dans cette catégorie, les employés de l'administration centrale, les officiers et maîtres de port, les préposés des ponts à bascule, les commissaires et agents préposés à la surveillance des chemins de fer. A l'égard de ces employés et agents, il sera procédé conformément au second paragraphe du présent article.

Art. 3. Le sous-secrétaire d'état des travaux publics est chargé de l'instruction des affaires qui concernent les ponts et chaussées et les mines.

Il approuve pour nous et par délégation de nos pouvoirs :

1° Les projets de travaux et dépenses dont la valeur n'excède pas cinquante mille francs.

2° Les actes de ventes, cessions et indemnités de terrains et bâtiments, ou de tous objets mobiliers dont la valeur n'excède pas dix mille francs ;

3° Les procès-verbaux d'adjudications, quel que soit le montant des dépenses, lorsque toutes les formes auront été régulièrement observées, et que le résultat de l'adjudication n'aura amené aucune augmentation sur les prix offerts au concours ;

4° Les soumissions pour travaux ou fournitures jusqu'à concurrence de la somme de vingt mille francs.

Au delà des limites de cette délégation, il nous propose toutes décisions à prendre, et nous statuons sur sa proposition.

Art. 4. Le sous-secrétaire d'état correspond directement avec les chefs des diverses administrations, les conseils généraux des ponts et chaussées et des mines, les préfets, les ingénieurs de tout grade, les conducteurs et toutes autres personnes qui ont des rapports avec l'administration.

La correspondance avec les ministres sera toujours signée par nous ou en notre nom.

Art. 5. Le sous-secrétaire d'état travaille avec les chefs

de division, de section ou de bureau, de la première division pour le personnel; de la seconde, de la troisième et de la quatrième division de notre ministère, ainsi qu'avec le directeur du dépôt des plans.

Nous nous réservons de travailler avec le chef de la première division pour le secrétariat général, et les chefs de la cinquième et de la sixième division.

Signé J. DUFAURE.

PERSONNEL.

Par ordonnance du roi, du 15 *juillet* 1839, — M. Lorieux, ingénieur ordinaire de 1re classe au corps royal des mines, est élevé au grade d'ingénieur en chef de 2e classe.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 17 *juillet* 1839, — M. Couches, élève-ingénieur des mines hors de concours, est appelé à suppléer, jusqu'au 1er novembre 1839, M. l'ingénieur Blavier dans le service ordinaire du sous-arrondissement de Bordeaux.

Par arrêté du ministre, du 23 *juillet* 1839, — M. l'ingénieur Blavier est autorisé à rester jusqu'au 1er novembre à la résidence du Mans, chef-lieu du sous-arrondissement dont il était chargé avant d'avoir été appelé au service de l'arrondissement de Bordeaux.

Par arrêté du ministre, du 12 *août* 1839, — MM. Sentis, Callon et Lechâtellier, élèves-ingénieurs des mines, sont nommés aspirants au même corps.

Par arrêté du ministre, du 28 *août* 1839, — Le service ordinaire de la surveillance des machines et appareils à vapeur, dans le département de la Seine, est séparé du service ordinaire des mines du même département; — Ce dernier service, comprenant la surveillance des carrières, est divisé en deux arrondissements d'ingénieur ordinaire; — M. de Sénarmont, ingénieur ordinaire des mines, est chargé du service spécial de la surveillance des machines à vapeur du département de la Seine, sous les ordres de M. l'ingénieur en chef Trémery; — Les deux arrondissements créés pour le service des carrières du département de la Seine sont confiés l'un à M. Allou, ingénieur en chef de 1re classe, l'autre à M. Poirier Saint-Brice, ingénieur en chef de 2e classe : ces ingénieurs continuent d'être placés sous les ordres de M. l'ingénieur en chef Trémery, qui prend le titre d'ingénieur en chef-directeur; — Le département du Loiret est séparé de la division du Centre pour

être réuni à la division du Nord et à l'arrondissement de Paris; — M. Le Cocq, adjoint au conservateur des collections de l'École des mines, est chargé, en outre, du service du département de Seine-et-Marne, confié précédemment à M. Allou; — M. de Fourcy, ingénieur ordinaire, est chargé du service ordinaire des mines dans les départements de Seine-et-Oise et du Loiret.

Élèves admis a l'école des mines,
le 15 *novembre* 1839 :

MM. Delesse,
Audibert,
Ville,
Gentil,
Descottes,
Jacquot,
D'Osery.

CIRCULAIRES

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines.

Paris, le 9 juillet 1839.

Instructions r latives à la cl ture de l'exerci 1838 et à la fo mation de bord reaux spéciau pour l'exerci 1839.

Monsieur le préfet, une ordonnance royale du 27 mai dernier, insérée au Bulletin des lois, n° 650, a déterminé les crédits et portions de crédits qui doivent composer, sur l'exercice 1839, le budget ordinaire du nouveau ministère des travaux publics, créé par ordonnance royale du 12 mai, et formé d'attributions détachées du ministère de l'intérieur et de l'ancien ministère des travaux publics, de l'agriculture et du commerce.

Ce nouvel ordre de choses demande quelques explications en ce qui concerne les opérations de comptabilité portant sur l'exercice 1838, qui approche du terme de son règlement définitif, et sur l'exercice 1839, auquel une longue période est encore réservée.

Je vais donner ces explications, en commençant par l'exercice 1838, qui se trouve être, en raison de son expiration prochaine, l'objet de dispositions spéciales dans l'ordonnance précitée du 27 mai.

Les bordereaux mensuels que vos bureaux sont en possession d'établir sur cet exercice 1838, pour les anciens services du ministère des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, seront continués, comme par le passé, sans aucun changement, jusques et compris le mois de septembre prochain. Ce sera vers cette époque seulement que je vous adresserai, dans une autre forme, les imprimés nécessaires pour établir séparément la situation finale des crédits de l'exercice 1838 afférents au nouveau ministère des travaux publics.

Je n'en dois pas moins, monsieur le préfet, appeler dès aujourd'hui votre attention sur la prochaine clôture de l'exercice 1838, et vous inviter à prendre les mesures nécessaires pour que la liquidation d'aucune dépense ne reste en souffrance, pour que le mandatement des dépenses soit complet au 30 septembre au plus tard, et pour que le paye-

ment en soit effectué au 31 octobre. Vous aurez à vous entendre sur ce dernier objet avec le payeur de votre département, afin de connaître les mandats dont la présentation est tardive, et pouvoir inviter les titulaires de ces mandats à s'en faire payer avant l'expiration du terme, passé lequel de nouvelles formalités entraîneraient de nouveaux retards que les créanciers ne pourraient attribuer qu'à eux-mêmes. Vous aurez soin de me demander, en temps opportun, les ordonnances de délégation nécessaires à l'imputation de vos mandats. Vous devrez aussi, conformément à la circulaire du 27 décembre 1832, n° 78, m'informer des réimputations que vous aurez prescrites, et des reversements que vous aurez ordonnés; enfin tous vos efforts et tous vos soins doivent tendre, dès à présent, à l'apurement complet de l'exercice 1838.

Quant à l'exercice 1839, le bordereau du mois de juin sera le dernier comprenant tous les services du budget ordinaire de l'ancien ministère des travaux publics, de l'agriculture et du commerce. A commencer par le mois de juillet, les services de ce budget appartenant au ministère actuel des travaux publics, et pour l'exécution desquels le concours de MM. les préfets est nécessaire, seront portés sur un bordereau séparé. Je vous adresse, à cet effet, 35 formules imprimées.

Les services qui se rattachent au budget annexe et au budget extraordinaire, passant en totalité dans les attributions du ministère des travaux publics, ne peuvent donner lieu à aucun changement dans la formation des bordereaux mensuels, et dans les autres documents de comptabilité y relatifs.

Il devra en être de même des états mensuels (formule n° 4) rédigés par MM. les ingénieurs en chef des ponts-et-chaussées, et séparément sur les fonds des trois budgets ordinaire, annexe et extraordinaire. L'envoi de ces états ne saurait être interrompu, et la situation par laquelle vous les complétez doit y être maintenue.

Je vous prie de vouloir bien m'accuser réception de la présente circulaire.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le ministre secrétaire d'état au département des travaux publics,

Signé J. DUFAURE.

A MM. les Ingénieurs en chef des mines.

Paris, le 9 juillet 1839.

École royale des mines. Collection statistique des départements.

Monsieur, vous savez que les collections de l'École royale des mines comprennent une collection statistique des départements dont l'objet est de présenter aux savants et aux industriels l'inventaire, pour ainsi dire, des richesses minérales du royaume. Cette collection, créée presque d'un seul jet, il y a à peu près trente ans, n'a reçu depuis cette époque qu'un très-petit nombre d'envois. Elle a été dépouillée de la plus grande partie de ses produits fabriqués au profit de la collection de métallurgie, et les minéraux les plus remarquables qu'elle possédait ont été répartis dans la collection de minéralogie. L'industrie minérale s'est accrue avec une grande rapidité dans la plupart de nos départements. Beaucoup de nouveaux gisements ont été découverts, et la collection statistique est aujourd'hui tout à fait incomplète; il est indispensable de la refaire presqu'à neuf pour qu'elle réponde à son utile destination.

Les tournées annuelles que font MM. les ingénieurs des mines pour leur service ordinaire, celles notamment qui sont entreprises pour l'exécution des cartes géologiques départementales, les descriptions de gîtes de minerais métalliques et de combustibles demandées par l'administration, enfin la formation des collections géologiques et minéralogiques départementales que l'on institue en ce moment dans les chefs-lieux des départements, sont des circonstances favorables qu'il importe de mettre à profit pour reconstituer la collection dont il s'agit.

Voici dans quel système on devra opérer :

La dénomination de *statistique* montre que la collection est destinée à faire connaître complétement la richesse minérale et minéralurgique de chaque département.

Les minéraux utiles, quels que soient leur nature et leur usage dans les arts, doivent donc y figurer en première ligne, et l'on n'aura point à craindre de faire un double emploi en envoyant plusieurs fois la même substance, pourvu toutefois qu'elle appartienne à des mines différentes de quelque importance, ou qu'elle représente, comme pour les minerais de fer, des qualités différentes.

La richesse minérale des départements serait incomplé-

tement représentée si l'on se bornait à placer dans cette collection toutes les matières premières que produit le règne minéral.

Les minéraux qui jusqu'à présent n'ont qu'un intérêt scientifique, et les roches qui composent le sol, doivent également y figurer.

Pour que cette collection soit faite sur un plan général et méthodique, il conviendra d'en considérer la classification à la fois sous les rapports industriel, minéralogique et géologique, et de disposer cette classification de la manière suivante :

POINT DE VUE INDUSTRIEL.

1° Combustibles minéraux. { Houille. Anthracite. Lignite. Tourbe.

2° Substances salines. . . { Sel gemme. Minerais d'alun. Terres pyriteuses.

3° Minerais de fer.

4° Minerais des métaux autres que le fer.

5° Matériaux provenant de l'exploitation des carrières. . { Pierres à polir et à tailler. Matériaux de construction et de pavage. Dalles et ardoises. Kaolin et argiles fines ou réfractaires. Argiles communes. Pierres à chaux. Pierres à plâtre. Marnes, argiles, sables employés comme engrais.

POINT DE VUE MINÉRALOGIQUE.

Minéraux rares et précieux.

POINT DE VUE GÉOLOGIQUE.

Suite des roches qui composent le sol du département.

Les minéraux et les roches doivent être classés suivant les méthodes le plus généralement usitées.

Cette classification, comme vous le voyez, est presque entièrement conforme à celle adoptée dans le compte rendu annuellement pour la statistique minérale de la France. Par cette disposition, ce document important se trouvera en relation avec la collection départementale.

J'ai fait dresser des notes séparées, par département,

des différents échantillons qui composent aujourd'hui la collection statistique. J'ai l'honneur de vous transmettre celles qui concernent les départements de

. Vous recevrez plus tard les notes pour les autres départements de votre arrondissement. Vous jugerez de ce qui reste à faire pour chaque contrée d'après les indications qui précèdent. Je vous prie de garder ces notes pour votre bureau, et d'en envoyer copie à M.

A la fin de chaque campagne, ces ingénieurs, auxquels j'adresse une ampliation de la présente, devront vous informer de l'espèce et du nombre des échantillons qu'ils auront réunis pour la collection de l'École. Vous leur ferez connaître aussi les échantillons que vous aurez rassemblés vous-même. Les additions convenables devront, en conséquence, être inscrites sur leurs notes et sur celles qui sont destinées à rester entre vos mains.

MM. les ingénieurs seront, je pense, à même de recueillir presque sans déplacement spécial et sans frais la plupart des échantillons de la collection statistique. Dans quelques cas rares, ils seront peut-être obligés de faire des excursions particulières. La dépense de ces déplacements devra alors être comprise dans les frais de tournées annuelles.

Il y aura en outre quelques frais pour emballage ou transport des échantillons d'un point à un autre; ces frais suivront ceux de transport à Paris, et seront remboursés sur le budget de l'Ecole des mines.

Les échantillons devront être envoyés à Paris à l'adresse de M. Dufrénoy, ingénieur en chef des mines, inspecteur des études à l'Ecole royale des mines.

Je n'ai pas besoin de vous recommander l'objet de la présente. Tous les ingénieurs doivent mettre de l'empressement à compléter des collections d'un aussi grand intérêt. Je compte entièrement sur leur zèle.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très distinguée.

Le sous-secrétaire d'état des travaux publics,

Signé LEGRAND.

A MM. les ingénieurs en chef des mines.

Paris, le 15 juillet 1839.

Travail statistique à rédiger relativement à l'année 1838.

Monsieur, les documents statistiques relatifs aux mines et aux usines métallurgiques acquièrent chaque année un nouveau degré d'intérêt. J'apprécie particulièrement les soins que MM. les ingénieurs apportent à seconder à cet égard les intentions de l'administration. Leurs travaux servent de base à des publications qui sont consultées avec fruit, et qui ont pris place parmi les documents destinés à éclairer des questions d'une haute importance pour le pays.

Quand on étudie avec attention les diverses parties dont une statistique bien faite se compose, on aperçoit facilement la relation que tous les détails qu'elle embrasse ont entre eux. A ne considérer ces détails que d'une manière isolée dans une localité spéciale, on peut quelquefois ne pas y trouver tout d'abord la portée qui leur appartient lorsqu'ils se rattachent à un ensemble de faits relatifs à tout le royaume. C'est dans cet ensemble qu'ils doivent tous venir se grouper; et c'est toujours ainsi qu'il faut envisager les divers éléments de la statistique, si on veut s'en faire une idée parfaitement exacte. En se plaçant à ce point de vue, on appréciera très-bien l'utilité qui s'attache aux documents que l'administration a le devoir de rassembler.

Le plan d'études statistiques pour 1838 est le même à peu près que pour 1837, sauf qu'on a retranché le travail relatif aux transports des substances minérales, qui ne devait pas être reproduit chaque année. On a voulu ainsi le simplifier autant que possible; c'est dans la même pensée qu'on a supprimé, dans les états relatifs au travail du fer, les renseignements relatifs aux taillanderies, clouteries, aux fabriques de quincaillerie, parce que ces industries se rattachent à la rigueur aussi naturellement aux industries de consommation, dont il n'est point question dans ce travail, qu'aux ateliers d'élaboration faisant partie intégrante de l'industrie du fer proprement dite. MM. les ingénieurs verront, par les tableaux que je leur envoie avec la présente circulaire, qu'il s'agit, pour la campagne de 1838, de réunir des renseignements analogues à ceux qu'ils ont donnés antérieurement. Ainsi ils opéreront, dans un cadre

qui leur est parfaitement connu, et qu'ils rempliront d'autant plus facilement, qu'il a été simplifié comme je viens de le dire.

Ces tableaux sont au nombre de six.

Je crois devoir insister sur la nécessité de fournir dans l'état n° 1 le chiffre exact de la production des combustibles. Jusqu'à présent on a dû ajouter, pour tenir compte des évaluations incomplètes, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$, et en dernier lieu $\frac{1}{40}$; mais ces coefficients de correction, qui devaient ainsi diminuer à mesure que les ingénieurs faisaient entrer dans leurs évaluations des éléments négligés jusque-là, tout en approchant de la réalité pour l'ensemble de la production, ne pouvaient s'appliquer en particulier ni à chaque département, ni à chaque bassin. Cette sorte de correction était d'ailleurs, dans les travaux de l'administration, une anomalie qu'il importe de faire disparaître. A cet effet, MM. les ingénieurs ne devront point s'en tenir absolument aux évaluations adoptées dans le travail des redevances. Ils devront, au contraire, consigner sur l'état n° 1 les chiffres qui, suivant leur conviction particulière et après des recherches spéciales, expriment le mieux la production de chaque mine.

Ils auront soin de tenir compte également du combustible consommé sur les mines, ou distribués aux ouvriers, des *bonis* accordés aux acheteurs, etc., etc.; en un mot, de tous les éléments de la production, sans exception aucune.

En se reportant aux indications placées en tête de ces états, ils verront quels sont les grands ateliers qu'ils ont à considérer, et les méthodes qu'il convient de distinguer dans l'industrie du fer. Jusqu'à présent plusieurs d'entre eux ont omis de signaler le nombre de tuyères des fineries et le poids des marteaux de cinglage et d'étirage; ils ne devront pas oublier cette année de produire ces détails, qui contribuent à faire connaître l'importance relative des diverses usines.

Ils ne manqueront pas de signaler avec soin les perfectionnements introduits récemment. On a pu voir, par les publications officielles, quel est l'intérêt de ces détails et le soin que l'administration met à profiter de tous ceux qui lui sont transmis.

Dans l'état n° 5, il faudra combler une lacune qui y a existé jusqu'à ce jour, et décrire d'une manière succincte

les procédés mécaniques et métallurgiques employés pour le traitement des minerais. On décrira en outre les gîtes sur lesquels il serait utile d'entreprendre des travaux de recherche. Ce dernier travail n'est guère qu'un extrait de la description des gîtes de minerais métallifères demandés par la circulaire du 28 mars 1837.

En lisant dans le compte rendu de 1838, dont je joins ici un exemplaire, la notice sur la production et la consommation des combustibles minéraux en France, MM. les ingénieurs verront aisément dans quel sens les renseignements demandés par l'état n° 6 doivent être rédigés. Les erreurs qui auraient pu être commises dans cette notice seront facilement redressées, aujourd'hui qu'ils ont sous les yeux l'ensemble du travail dont ils n'ont chacun à produire qu'un petit nombre d'éléments. Les indications données sur l'état n° 6, et qui ont été suggérées par un laborieux dépouillement des états produits pour 1837, paraissent avoir prévu tous les cas qui peuvent se présenter; néanmoins, si MM. les ingénieurs éprouvaient encore quelque incertitude sur ce qui leur est demandé, ils devront s'adresser à l'administration pour obtenir les éclaircissements convenables.

Il convient de donner la plus minutieuse attention aux teintes que doivent porter les petites cartes jointes à l'état n° 6. Celles-ci forment les éléments d'une carte générale de France qui paraîtra dans la publication prochaine, et le concours de tous les ingénieurs pourra seul en garantir l'exactitude. Le choix des teintes n'est donc pas arbitraire. MM. les ingénieurs ne négligeront pas de se conformer aux indications données sur l'état n° 6, afin que les cartes partielles soient comparables entre elles.

J'ai lieu de penser que le travail qui doit être publié par l'administration, à l'aide des renseignements que je demande à MM. les ingénieurs, offrira, de même que les documents qui ont paru jusqu'à ce jour, des notions du plus haut prix. Je compte, comme toujours, sur leur zèle et sur leur dévouement, et je n'ai pas besoin de leur recommander d'y porter tous leurs soins.

Je désire que leur travail soit prêt pour le 15 octobre 1839. Il me parviendra, suivant l'usage, par l'intermédiaire de MM. les ingénieurs en chef, qui y ajouteront leurs observations. On me transmettra d'ailleurs successi-

vement les états qui doivent le composer, s'ils ne sont pas terminés tous en même temps.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée.

Le sous-secrétaire d'état des travaux publics,
Signé LEGRAND.

Paris, le 23 août 1839.

Machines locomotives employées sur les chemins de fer.

Monsieur le préfet, aucun règlement d'administration publique n'avait encore prescrit de mesures particulières pour les machines locomotives employées sur les chemins de fer.

Les ordonnances royales des 29 octobre 1823 et 7 mai 1828 ont déterminé les conditions de sûreté auxquelles les appareils à vapeur à haute pression doivent être assujettis, mais elles ont eu principalement en vue les machines fixes. En attendant qu'un règlement spécial, analogue à celui qui concerne les bateaux à vapeur, ait établi un ensemble complet de dispositions propres aux locomotives, certaines mesures, notamment en ce qui a rapport aux épreuves, ont paru devoir être adoptées.

D'après la première des ordonnances précitées, toute chaudière à haute pression doit être soumise à une pression d'épreuve cinq fois plus forte que celle qu'elle est destinée à supporter dans l'exercice habituel de la machine. Cette épreuve a été fixée à la pression triple par l'ordonnance du 7 mai 1828 pour les chaudières en cuivre ou en fer battu. Le système tubulaire généralement en usage dans les chaudières des locomotives, et la surveillance dont ces appareils sont continuellement l'objet sur les chemins de fer, diminuant les causes de danger, on peut, sans inconvénients, les soumettre à des essais moins rigoureux.

Plusieurs de ces machines, achetées à l'étranger, présentent d'ailleurs, dans quelques-unes de leurs parties, des endroits faibles qui ne leur permettraient pas de subir, sans être altérées, une pression de beaucoup supérieure à celle sous laquelle elles doivent fonctionner. Bien que ce soit là une imperfection regrettable, on doit considérer

que la fabrication des locomotives est une industrie nouvelle en France. Nos fabricants en construisent maintenant qui réunissent les diverses garanties que l'on peut souhaiter; mais dans ces premiers temps, les compagnies des chemins de fer s'étant trouvées dans la nécessité de recourir à l'étranger pour obtenir ces appareils en quantité suffisante, il n'a pas toujours été en leur pouvoir de ne se procurer que des chaudières qui ne laissassent rien à désirer. Il était juste d'avoir égard à ces différentes circonstances.

En cet état de choses, il a paru convenable de fixer, pour les chaudières des locomotives tubulaires, une pression d'épreuve qui sera la règle générale, et d'accorder, sans néanmoins dépasser la limite qu'exige la sûreté publique, une tolérance momentanée pour les machines actuellement existantes ou dont les commandes ont été faites et qui sont près d'être livrées.

Tel est l'objet de l'ordonnance royale dont je vous transmets une ampliation (1).

Elle dispose que les chaudières des machines locomotives tubulaires ne seront reçues, à partir du 1er janvier 1840, pour servir sur un chemin de fer, qu'après avoir été éprouvées par la presse hydraulique sous une pression *double* de la pression *effective* que la chaudière est appelée à supporter;

Que, jusqu'au 1er janvier 1840, les épreuves de réception des machines de ce genre pourront être faites à une pression seulement de *moitié* en sus de la pression *effective;* mais que, passé ce délai, même les machines qui auront été ainsi reçues devront, lorsqu'elles auront eu besoin d'une réparation de quelque importance, être éprouvées à la pression double.

Enfin toutes machines qui, par suite de l'épreuve, auraient subi quelque altération de nature à compromettre leur solidité seront interdites.

La pression *effective* à prendre pour terme de départ dans l'essai est, comme on sait, celle qui tend à faire rompre les parois de la chaudière; elle est égale à la force de tension que la vapeur doit y avoir habituellement, diminuée de la pression extérieure de l'atmosphère.

MM. les ingénieurs devront vous rendre compte des

---

(1) Voir cette ordonnance, en date du 22 juillet 1839, page 376.

essais auxquels ils procéderont, et il y aura lieu de défendre la circulation des locomotives dont les chaudières auraient été déclarées trop faibles pour être soumises à ces essais ou qui en auraient été altérées. Des appareils qui ne pourraient supporter à froid une pression momentanée ainsi réduite présenteraient certainement un vice de construction qui ne permettrait pas de les laisser fonctionner.

L'ordonnance dont il s'agit ne concerne que les épreuves des chaudières des locomotives. Relativement aux épreuves des cylindres, on a pensé qu'il y avait lieu de les en exempter, attendu qu'elles sont beaucoup moins nécessaires.

A l'égard des autres conditions de sûreté, l'ordonnance du 29 octobre 1823 a prescrit d'adapter aux appareils à vapeur à haute pression, deux plaques métalliques ayant des degrés de fusibilité différents. On peut n'en exiger sur chaque chaudière des locomotives qu'une seule d'un petit diamètre ; mais il faut que ce soit la plus fusible des deux, c'est-à-dire que la température d'amollissement doit être supérieure de 10° centigrades à la température qui correspond à la tension *maximum* de la vapeur dans la chaudière. Elle doit avoir au plus une épaisseur de 18 millimètres, et être fixée dans une tubulure de manière à laisser à découvert, tant du côté de la vapeur que du côté opposé, une surface circulaire de 22 millimètres de diamètre. Une rondelle aussi petite ne saurait être gênante, et l'expérience a montré qu'elle offre des avantages au moins égaux à ceux des rondelles plus grandes.

On peut aussi permettre d'adapter à la tubulure qui la porte un robinet ayant une ouverture de 1 centimètre au moins de diamètre, et que l'on fermerait dans le cas où elle viendrait à se fondre ou à céder à la pression de la vapeur pendant un voyage. On prévient ainsi l'inconvénient qu'il pourrait y avoir à ce qu'une locomotive et les voitures qu'elle remorque fussent subitement forcées de s'arrêter. Mais hors ce cas, le robinet doit rester continuellement ouvert. La fusion ou le soulèvement de la rondelle indiquant d'ailleurs que le feu aurait été poussé avec trop de vivacité, il faudrait alors avoir soin de le ralentir.

Enfin les soupapes de sûreté, le tube indicateur en

cristal et les robinets indicateurs doivent être constamment entretenus en bon état.

Quant au manomètre, les locomotives construites en Angleterre ou celles qui sont faites sur ce modèle n'en sont pas munies. Cependant cet instrument est bien nécessaire pour connaître à chaque instant la tension de la vapeur dans la chaudière. Il peut s'adapter facilement; on l'a mis sur des chaudières de locomotives qui avaient été fabriquées en France d'après un système tout semblable, et il s'est parfaitement conservé. Il est ici d'autant plus utile que les soupapes des chaudières des locomotives ne pouvant être chargées, comme à l'ordinaire, avec des poids, sont seulement pressées à l'aide de ressorts dont il est difficile de déterminer exactement l'action, en sorte que, sans un manomètre, il n'est pas possible de savoir avec quelque précision quelle est la force élastique de la vapeur dans la chaudière. On ne saurait donc trop engager les compagnies à en faire usage.

Telles sont les principales dispositions applicables aux locomotives. Si du reste, lors de la réception d'une machine de cette nature, il s'élevait quelque incertitude relativement aux conditions à exiger, je vous invite à m'en référer.

Je vous prie aussi de m'adresser, comme cela se pratique pour les permis de navigation des bateaux à vapeur, les arrêtés que vous prendrez pour autoriser la circulation de ces machines, et d'y joindre les procès-verbaux de visites et d'épreuves.

Veuillez transmettre à MM. les ingénieurs qui sont chargés de cette partie du service dans votre département, des ampliations de la présente ordonnance à laquelle elle se rapporte, et en donner également connaissance aux compagnies. J'en joins ici à cet effet plusieurs exemplaires; je vous serai obligé de m'en accuser réception.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération très-distinguée.

Le sous-secrétaire d'état des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 12 septembre 1839.

Monsieur le préfet, aux termes des circulaires des 2 septembre 1833 et 27 février 1835, MM. les ingénieurs des mines sont chargés de fournir chaque année, dans les premiers jours de janvier, un état par département des accidents arrivés dans les mines, minières et carrières, pendant l'année précédente.

Observations au sujet des accidents qui arrivent dans les mines, minières et carrières, des secours à donner aux ouvriers, etc. États à produire annuellement.

D'après le modèle qui leur a été indiqué, des renseignements devaient être donnés relativement aux produits des exploitations. Ce n'est guère, en général, que vers le milieu de chaque année que MM. les ingénieurs recueillent à cet égard les indications nécessaires pour le travail des redevances de l'année précédente. Il en résultait qu'ils ne pouvaient s'occuper que tardivement de l'état des accidents, puisqu'ils étaient obligés d'y faire entrer les chiffres de la production. Ce dernier élément ne paraît pas indispensable pour l'objet qu'on se propose ici, et je ne vois pas d'inconvénient à le supprimer désormais dans l'état dont il s'agit. De cette manière, MM. les ingénieurs, qui doivent être régulièrement avertis de chaque événement, seront en mesure de rédiger, dès le commencement de chaque année, le tableau des accidents arrivés pendant l'année qui l'aura précédée. Je vous invite, monsieur le préfet, à me le transmettre exactement avec vos observations particulières.

Pour simplifier le travail et le rendre uniforme, j'ai arrêté un nouveau modèle qui est ci-joint. On devra envoyer un état négatif lorsqu'il n'y aura eu aucun accident.

Aux termes de l'article 11 du décret du 3 janvier 1813, sur la police souterraine, les exploitants sont tenus, en cas d'accident, d'en prévenir immédiatement le maire de la commune et l'ingénieur des mines, de manière que l'on puisse aviser aux mesures à prendre pour faire cesser le danger. Cette disposition importe à la sûreté des hommes et des choses. Si elle n'était point exécutée dans votre département, il faudrait la rappeler aux exploitants. Toute négligence de leur part à ce sujet serait une contravention qui devrait être poursuivie conformément au titre V du décret précité.

La surveillance exercée par les ingénieurs continue

d'être fort active. Il est permis d'espérer qu'elle produira des résultats de plus en plus satisfaisants. Je n'ai pas besoin de leur recommander d'insister auprès des exploitants sur les mesures qu'il convient de prendre dans l'intérêt des ouvriers. On ne peut trop engager ces derniers à se montrer prévoyants dans leurs travaux. L'expérience a appris que bien des accidents sont dus à leur propre imprudence. Il faut les avertir sans cesse de se mettre en garde contre une confiance aveugle qui amène souvent de cruels malheurs.

C'est un devoir pour les propriétaires de mines d'apporter dans leurs exploitations toutes les améliorations désirables. Les ingénieurs par leurs conseils, l'administration par la publicité qu'elle donne aux méthodes perfectionnées qui sont introduites successivement, concourent de tous leurs efforts à augmenter les gages de sécurité; mais ces efforts, cette sollicitude, doivent être secondés par les exploitants qui, eux aussi, ont à prendre une honorable initiative. On pourrait leur adresser de justes reproches s'ils manquaient à ce que leur commandent à la fois et leur intérêt et l'humanité.

Si, malgré toutes les précautions prises, des accidents surviennent, il faut que les ouvriers qui ont survécu trouvent à l'instant les secours dont ils ont besoin. Les règlements y ont pourvu, et on doit y tenir la main sévèrement.

Les ouvriers mineurs exercent une profession pénible, et qui est éminemment utile à la société. S'ils sont exposés à des dangers que la prévoyance humaine ne peut prévenir, c'est une raison de plus pour qu'on veille sans cesse à ce que rien du moins ne soit négligé dans leur intérêt. Je ne doute pas, monsieur le préfet, que cet intérêt ne soit l'objet constant de votre préoccupation et de vos soins.

Veuillez m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse une ampliation à MM. les ingénieurs des mines.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération très-distinguée.

Le ministre secrétaire d'état des travaux publics,
Signé J. DUFAURE.

DÉPARTEMENT d

ÉTAT

des accidents arrivés dans les mines, minières et carrières pendant l'année 18 .

NOMS DES MINES, MINIÈRES ET CARRIÈRES.	OUVRIERS employés			OUVRIERS TUÉS ET BLESSÉS																TOTAL GÉNÉRAL des ouvriers tués et blessés.	JOURNÉES DE REPOS occasionnées par les blessures.	OBSERVATIONS.
				par éboulements.		par explosion de gaz hydrogène carboné.		par coups de mines.		par asphyxies.		par inondations.		par ruptures de machines, engins, câbles, chaînes; par chute de tonnes, etc.		par leur chute dans les puits, etc.		Total.				
	à l'intérieur.	à l'extérieur.	Total.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
TOTAUX.																						

A le 18 . *L'ingénieur des mines chargé du département d*

N. B. Le verso du modèle annexé à la circulaire du 12 septembre porte ces mots : OBSERVATIONS DE L'INGÉNIEUR EN CHEF.

Paris, le 15 septembre 1839.

Mesures de police relatives à la navigation à la vapeur.

Monsieur le préfet, aux termes des règlements, aucun bateau à vapeur ne peut entrer en navigation qu'en vertu d'un permis délivré par le préfet du département où se trouve le point de départ de l'entreprise, après que la commission de surveillance a constaté que le bateau est construit avec solidité, particulièrement en ce qui concerne l'appareil moteur, et que cet appareil est muni des moyens de sûreté exigés.

Ce permis énonce les conditions que l'emploi de la vapeur rend indispensables et les mesures de police à observer.

L'ordonnance royale du 2 avril 1823 a donné aux autorités locales la faculté de compléter, par des arrêtés particuliers, le régime des précautions relatives à cette police, et elle porte que le bateau sera soumis dans tout son parcours aux lois et règlements en vigueur sur les côtes, les fleuves ou rivières.

Ainsi, tout propriétaire de bateau à vapeur est tenu de se conformer non-seulement aux conditions qui lui ont été imposées par son permis, mais encore à toutes les mesures d'ordre et de police établies sur la ligne de navigation.

Ces dernières mesures ne sont pas moins essentielles que les premières à la sûreté publique. Cependant il arrive fréquemment que les chefs d'entreprises ou leurs préposés croient pouvoir se dispenser d'y déférer, et qu'une fois hors du département où le permis a été délivré, ils se regardent comme affranchis de toute inspection.

Il importe de prévenir ces abus, qui compromettent gravement la sûreté des voyageurs. En conséquence, il convient, monsieur le préfet, lorsque vous autorisez le service d'un bateau à vapeur, d'ajouter dans l'arrêté que vous prenez une disposition portant « que le propriétaire et ses préposés seront en outre dans l'obligation de se soumettre aux mesures particulières d'ordre et de police locale qui sont ou pourront être prescrites, dans l'intérêt de la navigation, par les préfets des départements que le bateau doit traverser; et que l'inobservation de ces mesures pourra, comme les contraventions aux dispositions du permis lui-même, entraîner, suivant la gravité des cas, le

retrait temporaire ou définitif de ce permis, sans préjudice des autres peines de droit. »

C'est au préfet qui a donné l'autorisation de naviguer qu'il appartient de la suspendre ou de la retirer lorsqu'il y a lieu. Mais le préfet dans le département duquel la contravention est commise peut requérir de son collègue qu'il prononce cette suspension ou ce retrait. A cet effet, et conformément à l'instruction du 27 mai 1830, il lui transmet les procès-verbaux qui ont été dressés, et lui fait part de la répression qu'il juge devoir être appliquée, suivant la nature du délit.

Le retrait, soit temporaire, soit définitif, du permis est une mesure rigoureuse à laquelle sans doute on ne doit recourir qu'avec certains ménagements; mais en l'absence d'une autre pénalité suffisante, les intérêts de la sûreté publique font un devoir de recourir, toutes les fois que la gravité du cas peut le réclamer, à ce moyen de répression, que l'ordonnance du 25 mai 1828 autorise.

L'instruction du 27 mai 1830 a indiqué les principales dispositions qui doivent faire l'objet des règlements particuliers des autorités locales.

Il appartient notamment à MM. les préfets de fixer les heures de départ, la durée et les lieux de stationnement, les points d'embarquement et de débarquement, les modes selon lesquels ils doivent s'effectuer dans les ports ou en pleine rivière, la direction à tenir par les capitaines en cas de rencontre de deux bateaux allant en sens inverse ou dans le même sens, enfin tout ce qui intéresse la sûreté des personnes et la conservation des établissements ou travaux d'art en rivière.

On ne peut interdire d'une manière absolue aux bateaux à vapeur qui naviguent sur un même cours d'eau de se dépasser : ce serait priver ceux qui sont *bons marcheurs* des avantages que doit leur procurer leur bonne construction, et nuire au développement de l'industrie; mais il doit être expressément défendu de naviguer avec une vitesse supérieure à celle que comporte la marche régulière de l'appareil moteur, de pousser inconsidérément la tension de la vapeur pour faire assaut de vitesse. Les dangereux effets de ces rivalités doivent être sévèrement réprimés. Il importe de prévenir les capitaines et les chefs d'entreprises qu'ils sont personnellement responsables des accidents qui en résulteraient, et qu'ils s'exposent à se

voir retirer leur permis, sans préjudice des peines, dommages et intérêts qui seraient prononcés par les tribunaux.

Parmi les conditions essentielles, je rappellerai encore les suivantes :

Le local de l'appareil moteur doit toujours être séparé des salles où se tiennent les voyageurs, par de fortes cloisons doublées en tôle. Dans plusieurs circonstances où il y a eu, par suite du déchirement de quelques parties de l'appareil, éruption d'eau bouillante et de vapeur, l'expérience a montré l'efficacité de ces cloisons pour préserver les passagers.

La charge totale du bateau doit être réglée de manière que la ligne de flottaison ne puisse jamais être submergée, et l'on doit interdire expressément d'admettre un nombre de voyageurs supérieur à celui qui aura été fixé.

Quand on prend ou que l'on dépose en route des voyageurs ou des marchandises, à l'aide de batelets, on doit faire arrêter le jeu des roues. Les batelets, avant d'aborder, doivent être amarrés au bateau, qui ne doit continuer sa marche que lorsque les amarres ont été larguées et les batelets poussés au large.

Ces batelets ne peuvent être établis qu'en vertu d'une permission qui détermine leurs dimensions et les conditions de solidité qu'ils doivent offrir.

Dans les endroits où le courant serait trop rapide, et rendrait dangereux l'usage de batelets, on peut ordonner que les embarquements et débarquements ne s'effectueront qu'au moyen de pontons ou d'embarcadères.

Il doit être interdit, à moins d'une autorisation spéciale, de quitter le port pendant la nuit, en temps de brouillard, de glace ou de débordements.

Si un bateau à vapeur est surpris pendant son voyage par une brume épaisse, la cloche doit tinter jusqu'à l'arrivée au mouillage, afin d'éviter les abordages.

Lorsqu'il est autorisé à naviguer pendant la nuit, il doit porter constamment allumé, depuis le coucher jusqu'au lever du soleil, un fanal à la proue et un autre à la poupe, de couleurs différentes, pour indiquer le sens de sa marche.

Il importe qu'il y ait toujours à bord un registre dont les pages soient cotées et paraphées, et sur lequel les passagers ont la faculté de consigner les observations ou les plaintes qu'ils auraient à faire.

Les registres sont représentés aux commissions de surveillance dans leurs visites, et aux autorités chargées de la police locale.

Les capitaines sont tenus de déclarer à ces autorités, après chaque voyage, les accidents ou avaries quelconques qui seraient arrivés.

Dans chaque salle où se tiennent les passagers, il doit être placé un tableau indiquant la durée moyenne des voyages, tant en montant qu'en descendant, eu égard à la hauteur des eaux et au temps des stationnements; le nombre maximum des passagers qui peuvent être reçus, la faculté donnée à ces passagers de consigner leurs observations sur le registre ouvert à cet effet. Une copie du permis de navigation doit aussi y être affichée.

Tout bateau à vapeur venant d'un département avec une autorisation de naviguer n'en est pas moins soumis aux visites des commissions de surveillance instituées dans les lieux qu'il traverse. Ces commissions, ou leurs membres délégués à cet effet, peuvent se transporter à bord toutes les fois que cela est jugé utile, se faire représenter le permis, examiner si les conditions en sont exactement observées, si l'appareil est soigneusement entretenu dans toutes ses parties. Enfin une inspection assidue doit être exercée, non-seulement par ces commissions, mais encore par les ingénieurs des mines, les ingénieurs des ponts et chaussées, les officiers de port, les maires et adjoints, les commissaires de police, les officiers et sous-officiers de gendarmerie des villes et communes situées sur les fleuves ou rivières.

Veuillez, monsieur le préfet, vous concerter pour l'application de ces mesures, et pour établir et faire observer sur la ligne de navigation toutes les dispositions d'intérêt local qui seraient nécessaires avec MM. les préfets dont les départements sont traversés par cette même ligne.

Quand des procès-verbaux vous seront transmis d'un département, il importera que vous informiez le préfet qui vous les aura adressés de la suite que vous leur aurez donnée.

S'il arrivait que dans quelques circonstances il y eût divergence d'opinion entre deux préfets, relativement à la nécessité de suspendre ou de retirer un permis, ils auraient alors à m'en référer.

Je vous prie aussi, monsieur le préfet, lorsque vous

suspendrez un permis ou que vous jugerez à propos de le retirer tout à fait, de vouloir bien me faire part de la décision que vous aurez prise.

L'extension que reçoit la navigation à la vapeur et les accidents arrivés en divers lieux imposent le devoir de redoubler de précautions pour garantir la sûreté publique. La loi dont le projet avait été présenté aux chambres sur cette matière et les règlements qui ont été préparés n'ont pu encore être rendus. L'administration ne perd point de vue cet objet; il y sera donné suite le plus tôt possible. En attendant, la stricte exécution des dispositions en vigueur peut suffire à prévenir beaucoup d'abus. On doit certainement se garder d'assujettir cette importante industrie à des entraves inutiles; mais un système de précautions bien entendues ne peut que lui être favorable, en ajoutant à la confiance du public et à sa sécurité.

Je vous prie, monsieur le préfet, de donner la publicité nécessaire à la présente circulaire. J'en joins ici plusieurs exemplaires pour MM. les membres des commissions de surveillance, et j'en adresse aussi des expéditions à MM. les ingénieurs des mines et des ponts et chaussées de votre département.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération très-distinguée.

Le ministre secrétaire d'état des travaux publics

Signé J. DUFAURE.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XVI.

GÉOLOGIE.

CHIMIE.

FIN DE LA TABLE.

PLANCHES JOINTES AU TOME XVI.

FIN DU TOME XVI.

FRANCE.

SEPTEMBRE — OCTOBRE 1839.

J.-B. VIOLLET. Notice sur l'exactitude et l'usage du frein dynamométrique pour la mesure de la puissance des machines. In-8° de 3 feuilles 1/2. Paris. . 2 fr. 00 c.

Feu SGANZIN. Résumé des leçons d'un cours de constructions. 4e édition, avec un volumineux atlas. 2 vol. in-4°. Paris.

PERSOZ. Introduction à l'étude de la chimie moléculaire. In-8° de 57 feuilles. Paris. . . . . 12 fr. 00 c.

A. RIVIÈRE. Notice géologique sur les environs de Saint-Maixent (Deux-Sèvres). In-8° d'une feuille. Paris.

H. FOURNEL. Rapport sur la concession de Grigues et la Taupe, bassin de Brassac (Haute-Loire). In-4° de 13 feuilles. Paris.

DU SOUICH. Essai sur les recherches de houille dans le nord de la France. In-8° de 9 feuilles 1/2. Paris. 3 fr. 50 c.

ARMENGAUD frères. L'industrie des chemins de fer, ou dessins et descriptions des principales machines locomotives, des fourgons d'approvisionnement, etc., etc. Paris. 60 fr. 00 c.

MONBRION. Dictionnaire du commerce de la banque et des manufactures, 19e livraison, in-4°, de 10 feuilles. Paris. . . . . 1 fr. 50 c.

OMALIUS D'HALLOY. Eléments de géologie, 3e édition. In-8° de 48 feuilles. Paris. . . . . 9 fr. 00 c.

FRANCE.

NOVEMBRE — DÉCEMBRE 1839.

Mis A. DE JOUFFROY. Des bateaux à vapeur ; précis historique de leur invention. Essai sur la théorie de leur mouvement, et description d'un appareil palmipède applicable à tous les navires. Ouvrage lu à l'Académie des sciences. In-8° de 7 feuilles.

J.-B. VIOLET. Théorie des puits artésiens, suivie d'une instruction pratique très-étendue sur les moyens d'utiliser ces puits dans les arts et dans l'agriculture. In-8° de 18 feuilles 3/4. Paris. Carilian-Gœury et Dalmont. Prix. . . . . 7 fr. 50 c.

GROUVELLE ET JAUNEZ. Guide du chauffeur et du propriétaire de machines à vapeur, 2ᵉ édit., revue et augmentée par Ph. Grouvelle. In-8° de 34 feuilles 1/4, plus un atlas in-folio de 15 pl. Paris. Prix. . . . . 10 fr.

FLACHAT (E.) et J. PETIET. Guide du mécanicien conducteur de machines locomotives, contenant des notions théoriques et pratiques sur la construction, l'entretien et la conduite des machines locomotives ; suivi de notes sur la génération de la vapeur. In-12 de 15 feuilles 1/3, plus des tableaux. Paris. Prix. . . . . 12 fr.

ALPH. PEYRET LALLIER. Nouveau système de chemins de fer automoteurs. In-8° de 2 feuilles. Paris.

C. ARMENGAUD. L'ouvrier mécanicien. Traité de mécanique pratique. In-12 de 12 feuilles, plus 6 pl. Paris. Prix. . . . . 3 fr.

Compagnie du chemin de fer de Paris à Rouen et à Evreux. Mémoire adressé à M. le ministre des travaux publics. Paris.

Congrès scientifique de France, 6ᵉ session, tenue à Clermont-Ferrand Paris. In-8° de 45 feuilles. Prix. 6 fr.

SÉGUIN AÎNÉ. De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer. In-8° de 32 feuilles 1/2. Paris, chez Carilian-Gœury et Dalmont. Prix . . . . 7 fr. 50 c.

G^{...}-TELL POUSSIN. Examen comparatif de la question des chemins de fer en 1839, en France et à l'étranger, et de l'intervention du gouvernement dans la direction et l'exécution des travaux. In-8° de 10 feuilles 1/2. Paris. Prix. . . . . 3 fr. 50 c.

Ministère des travaux publics, de l'agriculture et du commerce. — Direction générale des ponts et chaussées et des mines. — Statistique des ports maritimes du commerce. Imprimerie royale.

ANGLETERRE.

II° SEMESTRE DE 1839.

DARWIN's Journal of researches into Geology and Natural History, 8vo. Colburn. . . . . 18 sh.

SIR HUMPHREY DAVY's Works, edited by his brother, vol. 2 et 3.

ZORNLIN's Recreations in Geology, 12mo. . . 4 sh. 6 d.

SHEPARD's Treatise on Mineralogy. — Part 2, post 8vo. . . . . 12 sh.

DAY's Treatise on the construction and formation of rail-ways. Crown. 8vo. . . . . 8 sh.

LEAN's Statement of Improvements in steam-engine in Cornwall. Roy. 8vo. . . . . 10 sh.

MILNE's Memoirs on the Mid Lothian and East Lothian Coal Fields. 4to. . . . . 15 sh.

MURPHY's Treatise on Algebraical Equations. 8vo. 4 sh.

LARDNER (Dr.). —The steam-engine, steam-navigation and rail-ways, familiarly explained, n° 1. 8vo. London. 1 sh. (Il y aura 12 livraisons.)

SMITH (John Pye). — Scripture and Geology. Post 8vo. London. . . . . 10 sh. 6 d.

ALLEMAGNE.

IIe SEMESTRE DE 1839.

Fr. de Kobell. Tableaux pour reconnaître les minéraux, au moyen d'essais chimiques simples par la voie sèche et par la voie humide; traduits par E. Melly, gr. in-8. (5 1/8 Bgn. 1 tabl. gr. in-folio.) Berne et Coire.

Meissner. Geschichte und erklärende Beschreibung der Dampfmaschinen, Dampfschiffe und Eisenbahnen nebst einer Erläuterung der Natur der Wasserdämpfe und der dabei vorkommenden Kunstausdrücke ꝛc. mit 60 Lith. auf 11 Tafeln. Gr.-8. (VIII. u. 200 S.). Dresden. . . . . 12 gg.

Possart. Ueber die Anlage Preußischer Eisenbahnen durch den Stadt. Gr. in-8. (IV. u. 108 S.). Quedlimburg. 1 th. 12 gg.

Struve (F. G. W. Speculæ Dorpatensis director). Observationes astronomicas institutas in specula Universitatis Cæsareæ Dorpatensis edidit, etc., vol. VII; seu novæ seriei, vol. IV. Observationes annorum 1827, 1828, 1829, 1830, 4 maj. (XXVIII u. 235 s.). Dorpati . . . . 4 th. 12 gg.

Rante auf der Berlin-Potsdamer-Eisenbahn. 1stes Heft. 8. (47. S.). Berlin. . . . . 6.

Dr H. G. Bronn. Lethæa geognostica, oder Abbildung und Beschreibung der für die Gebirgs-formationen bezeichnendsten Versteinerungen, 9te., 10te. Lief. gr. in-8. (Bgn. 49-84 1/4 u. 1 Bgn. Verzeichniss der Abbildungen, Roy. 4) Stuttgart. . . . .

Bindseil. Akustik mit sorgfältiger Berücksichtigung der neuern Forschungen, gr. in-8. (X. u. 769 s.). Potsdam. . . . . 3 th. 12 gg.

F. Droinet (ingénieur civil). Considérations générales sur un nouveau procédé de carbonisation, privilégié par l'empire d'Autriche, le 28 octobre 1835, en faveur de MM. F. Droinet et F. Didier, de Reims, pour carboniser tout combustible à l'aide de la flamme perdue des hauts-fourneaux, feux d'affineries et autres foyers, etc., gr. in-8. (63 , s. u. lith. Taf. in qu. halb. fol.). Wien. . . . . 22 gg.

Hommes. Die Ellipse und Hyperbel in ihrer Anwendung auf die Dioptrik. Mit 1 Figurentafel. (in-4. halb-Fol.) Gr.-4. Clausthal. . . . . 12 gg.

Geiger. Pharmaceutische mineralogie, 2te. Auflage, neu bearbeitet Von D^r. Clamor Marquart. Mit. 2. lith. Tafeln (in gr. 4.) gr. 8. (XXIV und 322 s.). Heidelberg. . . . . 2 th.

Meltzer. Neu verbesserte Mühlbaukunst. 2ter Theil, 4te Auflage. Mit 14 Kupfern. 8. (15 Bgn.) Groitzsch. 3 th. 5 gg.

Schmitt. Geognostische Studien und Litermonte. Eine Monographie, als Beitrag zur Geschichte der Gebirge an der Saar, besonders der Porphyr- und Trappgebirge. Gr.-12. (63 S. mit 1 Abbild.). Saarlouis. . . . . 10.

Schmidt. Etymologischer, Chemischer Nomenclator der neuesten einfachen und daraus zusammengesetzten Stoffe, nebst Erklärung einiger andern Chemische physikalischen Benennungen, gr. 8 (VIII u. 82 s.). Lemgo. 10

Nesper. Praktische anleitung zur Bereitung und Prüfung der Rheinheit der chemischen Reagentien für Kreisärzte und Kreiswundärzte, Candidaten der Medicin, Pharmaceuten, Techniker und überhaupt alle Freunde der analytischen Chemie, gr. 8. (VI u. 112 s. nebst. 1 tab. in-fol.). Wien. . . . . » 14

Geinitz (Dr. Hanns Bruno). Charakteristik der Schichten und Petrefacten des sächsischen Kreidegebirges. 1 stes Heft. Der Tunnel bei Oberan, in geognostischer Hinsicht, und dieser Bildung verwandten Ablagerungen zwischen Oberan, Meissen und dem Plauen'schen Grunde bei Dresden. Mit 40 Steindrucktafeln. Schmal gr. 4 (28 s.). Dresden und Leipzig, Arnold, geh. . . . . . 2th.

Becker (W. A.). — Das Geheimniß, Gußeisen verschiedener Art und von jeder Größe und Schwere, namentlich Amboße u. dgl. m., zu verstählen. In-8. (6. S.). Quedlimburg, Basse. Verklebt. 8 gg.

Becker (W. A.). — Die Kunst alle Sorten Stahl oder gehärtetes Eisen auf eine sehr schnelle und sichere Weise zu schneiden. In-8. (55). Quedlinburg, Basse. Verklebt. . 8 gg.

Thieme (Friedrich Wilhelm). — Die Physik in ihrer Beziehung zur Chemie oder derjenigen Lehren der Physik welche der Chemie als Grundlage dienen. Gr.-8. (VIII. u 277. S.) Leipzig, G. Wigand. Geh. . . . . 1 th. 6 g.

Erinnerungen an Freiberg's Bergbau. Ein Leitfaden f...

dem Besuche der Halsbrückner Amalgamir-und Hüttenwerke, so wie beim Befahren der vorzüglichsten, sich dazu am besten eignenden Gruben. Gr. 12 (57 s.). Freiberg, Engelhardt. . . . . 6gg.

LAMPADIUS (Wilhelm August, Berg.—Comm.—Rath, prof. d. Chemie, etc.) — Die neuern Fortschritte im Gebiete der gesammten Hüttenkunde in Nachträgen zum Grundrisse der allgemeinen Hüttenkunde. Gr. 8. (XIV u. 290 s.). Freiberg, Engelhardt. 1th. 12gg.

Allgemeine Maschinen-Encyclopädie, im verein mit G. ALTMÜTTER and A. BURG (proff. a polyt. Inst. in Wien), Th. FISCHER (Maschinen mstr.), und M-F. GATZSCHMANN (proff. a. d. Bergakad. in Freiberg), C.-G. HUMMEL (Lector a. d. polyt Lehranst. in Copenhagen), K. KARMARSCH (Dir. d. Gewerbschule in Hanover), F. REICH (proff. a. d. Bergak. in Freiberg), D. SCHNEIDER (proff. a. d. Coll. Carol. in Braunschweig), D.-A. SCHUBERT (proff. a. d. Techn. Bildungsanstalt), und L. WEHLIG (Ingenieurlieuten. in Dresden), Dr. A. WEINLIG (in Leipzig), J. WEISBACH (proff. a. d. Bergakad. in Freiberg), herausgegeben von Dr. Jul.-Ambr. HÜLSSE. 1sten Bandes, 1stes Heft. Gr. (s. 1-160). Leipzig, Voss. Geh. Subscr. Pr. . . . . 1th.

—— Atlas zu der, etc. 1ste. lief. (Tafel 1-10.), in-fol. Ebendas. in Umschlag. Subscr. Pr. . . . 1th. 16gg.

DOEBEREINER (Dr. Fr. Assist. d. Physik. Kabinets u. a. d. Universität Halle). — Der angehende Chemiker oder Einleitung in die technisch Chemie, mit Angabe der interressantesten Experimente. 8. (XII. u. 306 S.). Stuttgart, Balz. Geh. . . . . 1 th.

EHRENBERG (C. G.). Mikroskopische Analyse des Curländischen Meteorpapiers von 1836 und Erläuterungen desselben als ein Produkt jetzt lebender Conferven und Infusorien. nebst 2 colorirten Kupfertafeln. Gr. Fol. (14 s.) Berlin gedr. Leipzig, Voss in Comm. Geh. . . . . 1 th. 16 gg.

Die Bildung der europäischen, libyschen, und arabischen Kreidefelsen und des Kreidemergels aus mikroskopischen Organismen, dargestellt und physiologisch erläutert. nebst 4 Kupfertafeln und 3 Tabellen. Gr. Fol. (9 s.). Berlin gedr.—Leipzig, Voss. Geh. . . . 3 th. 8 gg.

KURTZE (G. Adolphus). Commentatio de petrefactis quae

in schisto bituminoso Mansfeldensi reperiuntur. 4 maj. (6 s. ohne pag. u. 38 s. mit 3 lith. taf.). Halaæ, Anton. Geh. . . . . 16 gg.

Auhlmann (Moritz). Die horizontalen Wasserräder und besonders die Turbinen oder Kreiselräder, ihre Geschichte, Construction und Theorie. Mit 6 lithograph Tafeln. Gr. 4 (VI u. 52 s.). Schemnitz, Exped. d. Gewerbebl. F. Sachsen. Geh. . . . . . . 1th. 6 gg.

Mantell (Dr. Gideon). — Die Phænomene der Geologie leichtfasslich in Vorlesungen entwickelt. Beim Vortrage nachgeschrieben von G. F. Richardson. Deutsch Herausgegeben von Dr. Joseph Burkart. Mit einer Vorrede von Dr. J. Nöggerath, Oberbergrath u. o. ö. Prof. d. Miner., etc. zu Bonn. 1ster. Band. Mit 28, Steindruck-Tafeln. Gr. 12 (XII u. 371 s.). Bonn, Henry u. Cohen. Geh. . . . . 1th. 21gg.

Cotta (Bernhard). — Anleitung zum studium der Geognosie und Geologie. Mit eingedruckten Holzschnitten (1stes Heft), Gr. 8 (132 s.). Dresden u. Leipzig. Arnold. Geh. . . . . 18gg.

—— Uber Thierfährten im bunten Sandsteine bei Pölzig im Altenburgischen. Mit 2 lithogr. Tafeln. Schmal. Gr. 4 (8s.), Dresden u. Leipzig. Arnold. Geh. . 8gg.

Mayer (Hermann, D. d. Med. u. Chir., etc.). — Clavis Analytica zur Bestimmung der Mineralien nach einer einfachen und sichern methode, nebst einer vollstandigen Characteristik. 1. Abth. (1ste. lief.). Mineralien mit metallischen Habitus. Gr. 8 (XVI u. 103 s.). Prag. Borrosch u. André in Comm. Geh. . . . . . . 18gg.

Mayer (Dr. J. B.). — Mineralogische Reihenfolge der Felsarten nach Carl Cäsar von Leonhard's Systeme, tabellarisch bearbeitet. Roy.-Fol. (3 Bgn.) Coblenz, Hœlscher. 1838. . . . . 12 gg.

ESPAGNE.

IIe SEMESTRE DE 1839.

Don Joaquin Ezquerra del Bayo (Ingeniero de primera clase y Profesor de laboreo de minas y de mecánica aplicada á las minas, en la Escuela especial del Ramo). Elementos de Laboreo de Minas, precedidos de algunas nociones sobre Geognosia y la descripcion de varios criaderos de minerales, tanto de España como de otros reinos de Europa. In-8 de 55 f. Madrid.

— Division de l'ouvrage,

Introduction. — Notions préliminaires sur la Géognosie, sur les filons et autres gîtes minéraux.

Exploitation des Mines, première partie. — Procédés généraux pour pratiquer et pour soutenir les excavations. —Abattage des roches.—Percement et soutènement des puits et des galeries. — Divers modes d'exploitation.

Deuxième partie. — Disposition intérieure des mines. — Voies de transport. — Épuisement. — Ventilation. — Éclairage.

Troisième partie. — Extraction par galeries — par puits, verticaux — par puits inclinés.

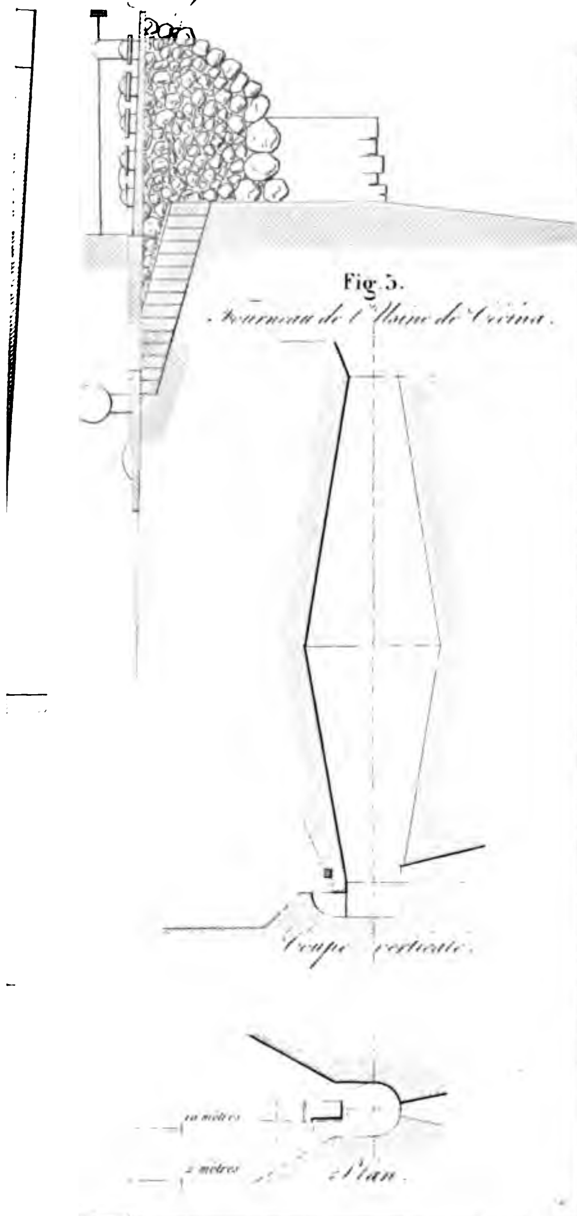
ITALIE.

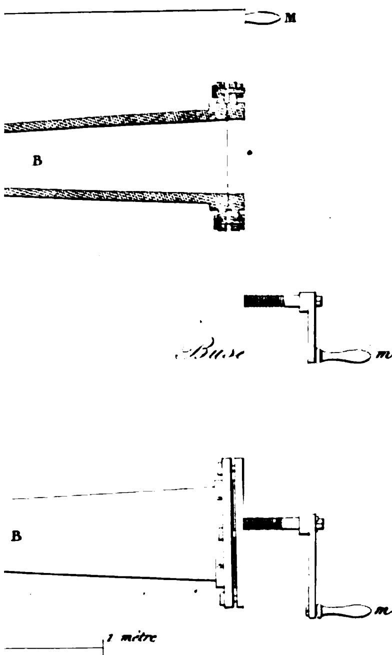
IIe SEMESTRE DE 1839.

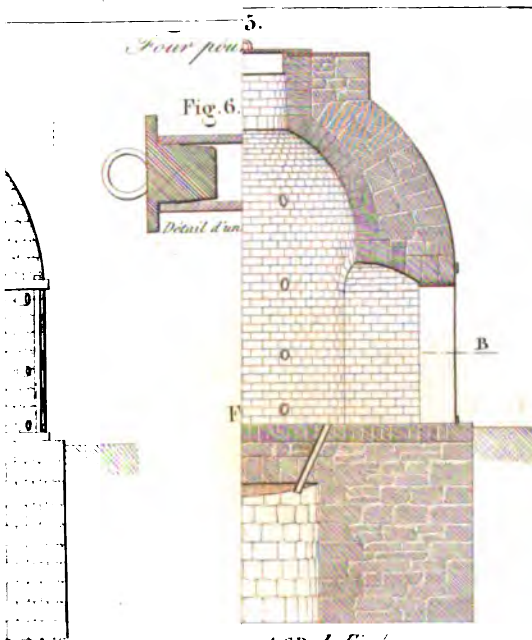
Catechismo di Mineralogia.—Firenze, in-8°. 3 l. 92 s.

Giacinto Andriani. Dubbii apposti al sistema delle grandi età geologiche e al conforme discorso del barone Cuvier sulle rivoluzioni della superficie del globo. — Ragionamento geologico. Napoli. In-12.

Ingegner Carlo Possenti. Sulla sistemazione dell' emissario del lago di Como ; memoria idraulica. Milano, gr. in-4° di page 34 et 2 tavole intagliate. 2. 61


Fig. 5.
Fourneau de l'Usine de Cecina.
Coupe verticale.
10 mètres
2 mètres
Plan.





...ant CD de Fig. 4.

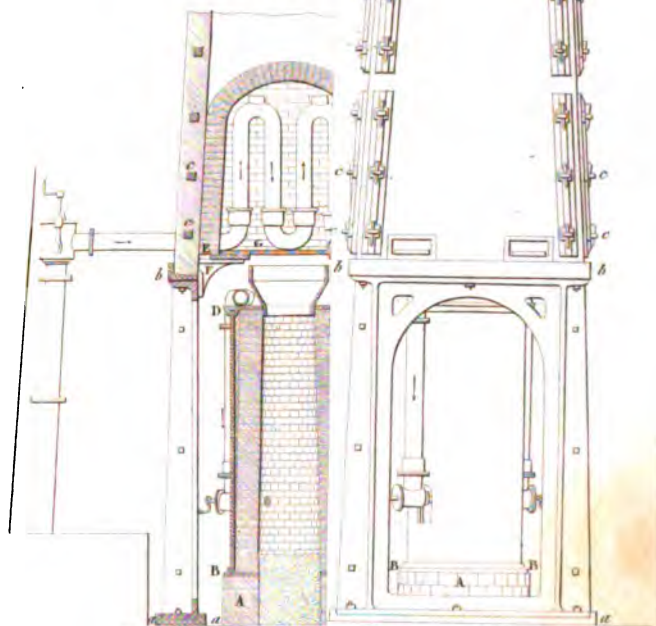
Gravé par L. Kenou

...euxième fusion de la fo...

...lots de la fonderie royale d...

Fig. 5.

Fig. 3.



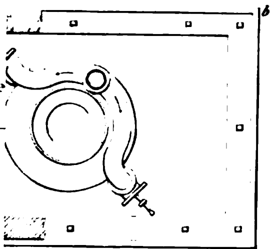
Coupe verticale d'un cubilot et de son appareil à chauffer l'air

Élévation suivant TU de Fig. 6.



Echelle





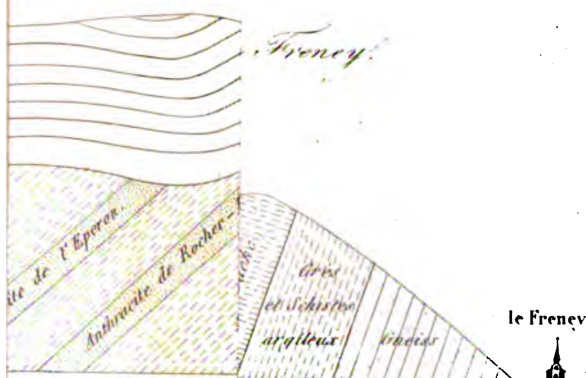
...pareil à chauffer l'air.

Gravé par L. Renou.

PI. VII.

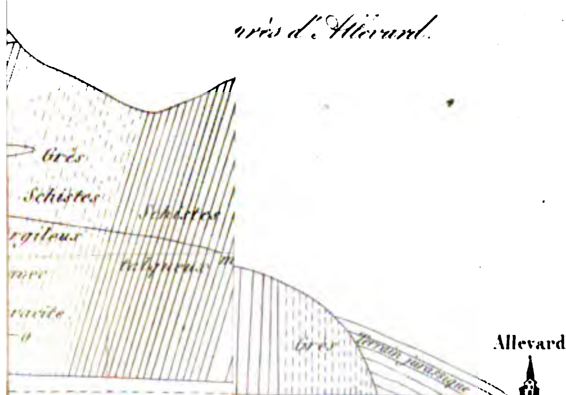
Couches an

al près de la Mure



ge de Bens près de

près d'Allevard.



m. Sentier conduisan
p. Sentier conduisan
o. Indices d'Anthra

Gravé par Renou

...mètres pour les ...



3.

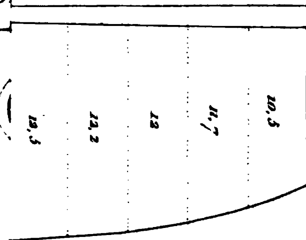
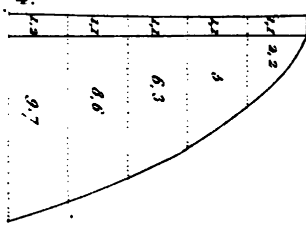
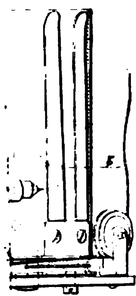


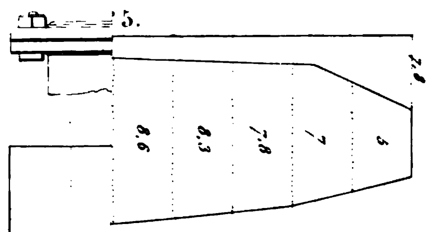
Fig. 3.

4.

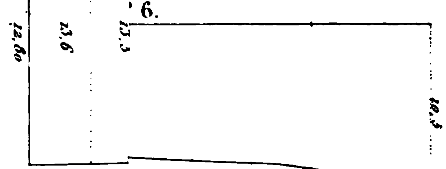


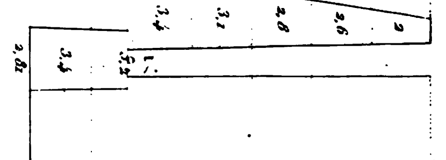


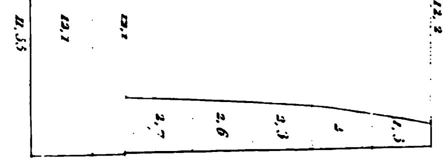
5.



6.







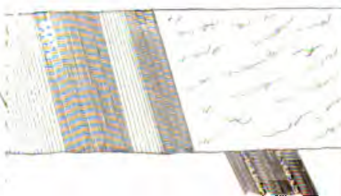
8 9 10 centimètres

Gravé par Renou

...rains prises dans ...

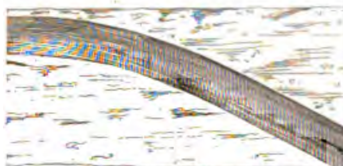
13.



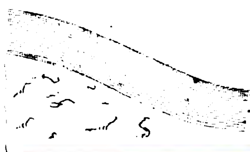


16.





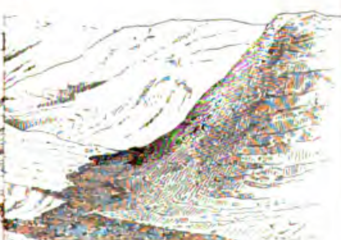
19.





12.





Gravé par Benoit

